

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní

12120 - Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



Návrh čelního nouzového výstupu příměstské jednotky

Design of frontal emergency exit of suburban unit

Vypracoval:	Bc. Pavel Andrýs
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Dopravní, letadlová a transportní technika
Vedoucí práce:	doc. Ing. Josef Kolář, CSc.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Andrýs** Jméno: **Pavel** Osobní číslo: **399343**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní, letadlová a transportní technika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh čelního nouzového výstupu příměstské jednotky

Název diplomové práce anglicky:

Design of frontal emergency exit of suburban unit

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte:

- 1) Rešerši na téma: Legislativní požadavky na evakuaci osob a základní principy řešení evakuace u kolejových systémů (Train to Train, Train to Track).
- 2) Typový výkres čelního vozu příměstské jednotky v měřítku 1 : 50.
- 3) Analýzu výhledových poměrů a řešení řídicího pultu strojvedoucího při integraci nouzového čelního výstupu.
- 4) 3D model - zástavby čelního nouzového výstupu do čela navržené příměstské jednotky.
- 5) Konstrukční návrh a pevnostní výpočet hlavních prvků komponent nouzového výstupu.
- 6) Sestavný výkres zástavby nouzového výstupu a řídicího pultu do čela příměstské jednotky.

Seznam doporučené literatury:

Odborné časopisy, firemní literatura, patentová literatura, normy.

Skripta ČVUT:

KOLÁŘ, J.: Teoretické základy konstrukce kolejových vozidel

ŠÍBA, J.: Kolejová vozidla II,

ŠÍBA, J.: Kolejová vozidla II - pojezd

MARUNA, Z., HOFFMANN, V., KOULA, J. KROUPOVÁ, Z.: Metodika konstruování kolejových vozidel - osobní a nákladní podvozky

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Josef Kolář, CSc., ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.10.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **05.01.2018**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

9.11.2017

Datum převzetí zadání

Andrýs

Podpis studenta

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá legislativními požadavky pro návrh nouzového čelního výstupu a řeší současných řešení. Dále je provedena analýza čelních výhledových poměrů a řešení řídicího pultu strojvedoucího při integraci nouzového čelního výstupu. Je vytvořen 3D model zástavby čelního nouzového výstupu do čela navržené příměstské jednotky. Dále je vytvořen konstrukční návrh a konstrukční výpočet hlavních prvků nouzového výstupu. Konstrukční návrh byl zhodnocen a uveden další postup při vývoji. Na závěr byl vytvořen sestavný výkres zástavby nouzového výstupu a řídicího pultu do čela příměstské jednotky.

Klíčová slova

Příměstská jednotka, evakuace, čelní evakuační výstup, rampa, čelo vozidla, výhledové poměry

Abstract

This master's thesis deals with legislative requirements for design of the frontal emergency exit and research of current solutions. Part of the thesis analyzes frontal view conditions and solution of driver's control board corresponding to the integration frontal emergency exit. There is also three-dimensional model of the construction of the emergency frontal exit built in the front of the train. The thesis also includes design with calculation of the main parts of the emergency doors. The design of the construction was evaluated, and further development process was given. At the end of the work the compound drawing of the emergency exit with the driver's control board integrated into the suburban train unit was created.

Keywords

Suburban train unit, evacuation, frontal emergency exit, emergency egress from passenger rolling stock, ramp, front of the vehicle, view conditions

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 5. ledna 2018

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při zpracování této diplomové práce. Zvláštní poděkování patří vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Josefu Kolářovi za obětavou pomoc, cenné rady a připomínky.

Dále bych rád poděkoval Ing. Lukášovi Málkovi a Františkovi Hruškovi ze společnosti Siemens za konzultace, rady, poskytnutá 3D data a přístup k potřebným normám.

Velmi rád bych poděkoval Ing. Martinovi Jíšovi za konzultace a pomoc při konstrukčním řešení rampy nouzového evakuačního výstupu.

V neposlední řadě chci touto cestou poděkovat své rodině a přátelům za trpělivost a podporu během celého magisterského studia.

Obsah

Abstrakt.....	3
Klíčová slova	3
Abstract	3
Keywords	3
Prohlášení.....	4
Poděkování	5
Obsah.....	6
Seznam zkratk	8
Úvod.....	9
1. Základní principy řešení evakuace u příměstské jednotky	10
1.1 Evakuace vozidla způsobem Train to Train (z vlaku do vlaku)	10
1.2 Evakuace vozidla způsobem „Train to Track“ (z vlaku do kolejiště)	11
2. Legislativní požadavky pro návrh nouzového čelního evakuačního výstupu.....	12
2.1 TSI PRM.....	12
2.1.1 Průchozí profily	12
2.1.2 Maximální sklon ramp v kolejových vozidlech	13
2.1.3 Pomoc při nastupování do vlaku a vystupování z něj	14
2.1.4 Invalidní vozíky.....	14
2.2 TSI LOC&PAS	15
2.2.1 Kabina strojvedoucího.....	15
2.2.2 Požadavky týkající se evakuace	17
2.3 Norma EN 16186-1	17
2.3.1 Antropometrické rozměry postavy strojvedoucího	17
2.3.2 Čelní výhledové poměry	18
2.4 Norma GM/RT2130	23
2.4.1 Evakuace čelem vozidla	23
2.5 GE/RT8073.....	23
2.5.1 Passenger Gauge 1 (20 m) PG 1.....	23
2.6 Human Factors and Ergonomics Design Handbook.....	25
3. Přehled realizovaných a navrhovaných řešení čelního evakuačního výstupu.....	27
3.1 Metro M1	27
3.1.1 Základní koncepce.....	27
3.1.2 Uspořádání kabiny strojvedoucího	28
3.1.3 Mechanismus otevření nouzového čelního výstupu.....	29
3.2 Metro Barcelona	31

3.2.1	Základní koncepce.....	32
3.2.2	Mechanismus otevření nouzového čelního výstupu.....	32
4.	Koncept řešeného vozidla	33
5.	Obrys vozidla	35
6.	Napojení čela na vozovou skříň.....	36
7.	Výhledové poměry	37
7.1	Postavy strojvedoucího	37
7.2	Čelní výhledové poměry	38
8.	Posouzení možného konceptu rampy	40
8.1	Maximální sklon rampy nouzového čelního výstupu.....	40
8.1.1	TSI PRM	40
8.1.2	Human Factors and Ergonomics Design Handbook	41
8.1.3	Maximální zrychlení vozíku na konci rampy	42
8.1.4	Vyhodnocení a zvolení metody pro určení mezního sklonu a délky rampy	43
9.	Konstrukční řešení čelního nouzového výstupu	44
9.1	Technické požadavky na konstrukční řešení	44
9.2	Navrhnuté konstrukční řešení rampy.....	45
9.2.1	Pomocný rám a uchycení rampy k pomocnému rámu	45
9.2.2	Nosná konstrukce rampy	47
9.2.3	Odlišnosti prvního a druhého rámu	48
9.2.4	Spojení obou hlavních rámu rampy	48
9.2.5	Pochozí plocha rampy	50
9.2.6	Zkrutné pružiny	51
9.2.7	Popis mechanismu pro roztažení rolet.....	52
9.2.8	Jistící závěsy.....	52
9.2.9	Čelní dveře	54
9.2.10	Adaptér	54
9.3	Popis funkce evakuačního výstupu.....	55
9.4	Praktická zkouška mezního sklonu rampy pomocí experimentu	57
10.	Pevnostní výpočet hlavních prvků	59
10.1	Celkový ohybový moment	59
10.1.1	Výpočet reakcí.....	59
10.1.2	Výpočet ohybového momentu	61
10.2	Výpočet průřezového modulu v ohybu	62
10.3	Výpočet ohybového napětí v profilu.....	63
10.4	Kontrola dovoleného napětí	63
11.	Diskuze navrhnutého řešení a další postup při vývoji	64

Seznam zkratek

TSI	technical specifications for interoperability technické specifikace interoperability
PRM	persons with reduced mobility osoby s omezenou schopností pohybu a orientace
LOC & PAS	locomotives and roling stock lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob
SRP	seat reference point referenční bod sedadla
T.K.	temeno koleje

Úvod

Cestování vlakem se řadí k velmi efektivním způsobům dopravy a je výhodnou alternativou nejen k silniční přepravě osob ale i letecké na kratší vzdálenosti. Výhodami jsou především rychlost přepravy a její náklady, ale v neposlední řadě také pohodlí pro cestující a šetrnost provozu k životnímu prostředí. Doprava příměstskými jednotkami je hojně využívána, jak už sám název napovídá, k dopravě ve velkých městech a jejich okolí. Při přepravě cestujících v kolejové dopravě dochází k různým nestandardním situacím včetně těch nebezpečných a krizových.

Při navrhování kolejových vozidel se řídíme mnoha aspekty návrhu a mnoha hledisky, která musíme brát v úvahu. Nejdůležitějším bodem při konstrukci vozidel je bezpečnost a ochrana zdraví cestujících. Při tom je třeba počítat s tím, že se mezi pasažéry vyskytují i osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace

Mezi nejrůznější zařízení pro zajištění bezpečnosti přepravovaných osob patří i nouzové východy. Vedle bočních východů přepravci stanovují požadavek na vybavení vozidla čelním evakuačním výstupem. Ten umožňuje evakuaci všech cestujících i v případě náhlého zastavení na širé trati.

Nouzový čelní výstup v aplikaci na železničních vozidlech vychází především z vozidel metra, kde je běžně používán. Pro příměstskou jednotku vzhledem ke stávající legislativě, která zohledňuje přepravu cestujících s omezenou schopností pohybu a orientace se jedná o novou aplikaci.

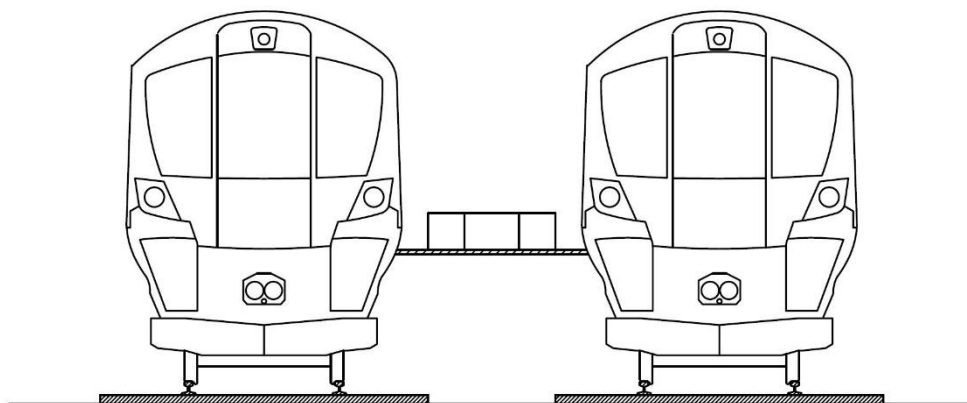
Jelikož je výškový rozdíl mezi nástupní hranou a okolním terénem při zastavení na širé trati značný, nelze tuto oblast řešit pouhým výstupem. Je nutno navrhnout zařízení, které umožní bezpečné opuštění soupravy při překonání daného výškového rozdílu. Při návrhu je třeba brát na zřetel nejen legislativní požadavky, které se k dané problematice vztahují, ale i různé konstrukční požadavky, doporučení výrobců atd.

1. Základní principy řešení evakuace u příměstské jednotky

Evakuace je souhrn organizačních a technických opatření, která se uplatňují v nouzové situaci např. havárie, vznik požáru či závažná technická porucha, kdy jsou cestující nuceni opustit vlakovou soupravu. U příměstské jednotky se zpravidla provádí dvěma způsoby. Bočními dveřmi nebo nouzovými čelními výstupy umístěnými na obou koncích vozidla. Není však samozřejmostí, aby vozidlo disponovalo oběma typy výstupů najednou. Důležitým aspektem při volbě způsobu evakuace představuje místo zastavení vozidla. V případě, kdy je havarované vozidlo schopno samo nebo s asistencí dalšího vozidla dojet do nejbližší stanice je automaticky upřednostněna evakuace bočními dveřmi na nástupiště. Otevřením všech bočních dveří dojde k vyprázdnění celé vlakové soupravy během několika minut. Mohou však nastat situace, kdy vozidlo musí z důvodů uvedených výše náhle zastavit na širé trati či v tunelu a není dále schopno pokračovat v jízdě. V takovýchto případech není možné evakuovat cestující bočními dveřmi z důvodu vzniku značného výškového rozdílu mezi nástupní hranou vozidla a okolním terénem. Nabízí se tedy varianta evakuace cestujících čelem vozidla, která řeší tento problém. Existují dva způsoby provedení evakuace čelem vozidla. Train to Train (z vlaku do vlaku) nebo Train to Track (z vlaku do kolejiště).

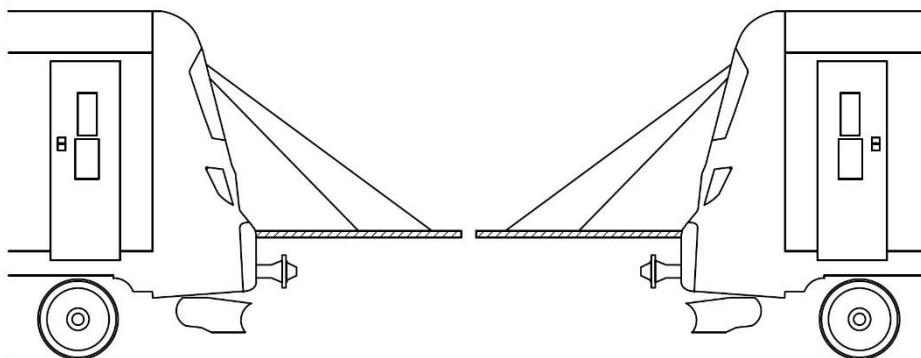
1.1 Evakuace vozidla způsobem Train to Train (z vlaku do vlaku)

Evakuaci z vlaku do vlaku lze chápat dvojím způsobem. Záleží na tom, zda havarovaný a nově přistavený vlak stojí vedle sebe nebo za sebou. Stojí-li vedle sebe, umístí se mezi oba vozy přechodový můstek a cestující opouští vlak bočními dveřmi viz obr. 1.1.



Obr. 1.1: Evakuace Train to Train – vlaky vedle sebe

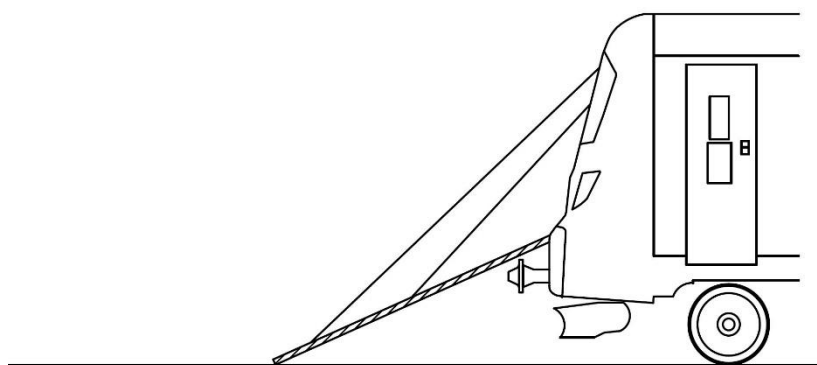
Na druhé straně u dvou za sebou stojících vozidel dojde otevřením čelního výstupu k vyklopení či vysunutí rampy, po které jsou cestující schopni přejít do protějšího vozu viz obr. č. 1.2.



Obr. 1.2: Evakuace Train to Train – vlaky za sebou

1.2 Evakuace vozidla způsobem „Train to Track“ (z vlaku do kolejiště)

Naproti tomu u druhého způsobu evakuace opouští cestující vlak po mírně skloněné rampě přímo do kolejiště viz obr. 1.3. Tato metoda se používá s výhodou u vozidel metra, kde výstup bokem vozu není díky stísněným prostorům buď vůbec možný, nebo by zde musel být vybudovaný dostatečně široký chodník po celé délce tunelu vedle kolejiště, což by vedlo k zásadnímu prodražení stavby tunelu.



Obr. 1.3: Evakuace Train to Track

Výhodou tohoto systému nejen u vozidel metra, ale i železničních, je relativně snadná evakuace osob na invalidním vozíku. Dříve se místo ramp používali výklopné schůdky či žebříky, ale to už dnes z pohledu legislativy, zohledňující osoby se zdravotním postižením a omezenou schopností pohybu a orientace není možné. U obou způsobů evakuace je nezbytné, aby byla vlaková souprava v celé své délce průchozí.

2. Legislativní požadavky pro návrh nouzového čelního evakuačního výstupu

Zásahy do interiéru v souvislosti se zástavbou nouzového výstupu do čela vozidla i jeho samotná koncepce budou probíhat v souladu se zákonnými a normativními požadavky na kolejová vozidla.

Mezi zákonné požadavky patří např. technické specifikace pro interoperabilitu dále jen TSI, které jsou závazné v rámci Evropské unie.

Normativními požadavky jsou myšleny normy jak národní, tak evropské, které samy o sobě závazné nejsou. Závaznými se stávají teprve v okamžiku, kdy jejich splnění výslovně požaduje zákonné nařízení či zákazník.

Uvedeny budou pouze ty nejdůležitější normy, předpisy a jejich kapitoly týkající se dané problematiky. Nejedná se tedy o kompletní výčet, který by byl součástí smlouvy o dílo¹ mezi výrobcem a provozovatelem při skutečné zakázce na výrobu příměstské jednotky.

2.1 TSI PRM

Tato TSI definuje přístupnost železničního systému Unie pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. [1]

2.1.1 Průchozí profily

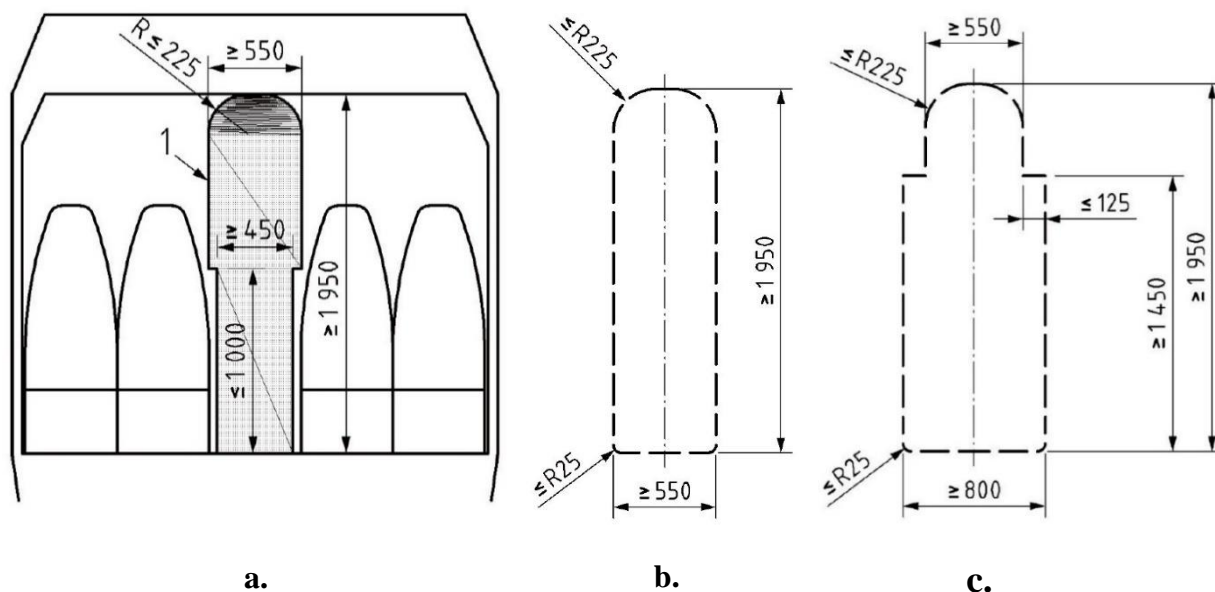
Od vstupu do vozidla musí být zajištěn průchozí profil dle obr. 2.1

- a. přes jednotlivé vozy
- b. mezi spojenými vozy jedné soupravy
- c. k místům vyhrazeným pro invalidní vozíky

Parametry těchto minimálních průchozích profilů se liší, především jejich šířka, která je od vstupu přes jednotlivé vozy 450 mm, v mezivozových přechodech 550 mm a od vstupu do vozidla k vyhrazeným místům pro invalidní vozíky 800 mm. [1] Tato vyhrazená místa se zpravidla nacházejí v krajních vozidlech vlakové soupravy jednak kvůli tomu, že jsou zde umístěny nouzové čelní výstupy, což vede k celkovému případnému urychlení evakuace, ale zároveň také kvůli minimalizaci docházkové vzdálenosti při nástupu do vozidla. V případě selhání jednoho z nouzových čelních výstupů musí být osobám na invalidním vozíku, které se zrovna nacházejí u poškozeného čelního výstupu umožněno opustit vlak čelním výstupem na

¹ Smlouva o dílo je druh závazkového právního vztahu, v němž se zhotovitel zavazuje provést na svůj náklad a nebezpečí pro objednatele dílo a objednatel se zavazuje dílo převzít a zaplatit za něj cenu.

opačném konci jednotky. Z tohoto důvodu musí být v celé délce vlaku včetně obou stanovišť strojvedoucího zajištěn průchozí profil na obr. 2.1.c. s minimální šířkou 800 mm.



Obr. 2.1: Minimální průchozí profily cest ve vlaku [1]

Osobě na invalidním vozíku musí být umožněno změnit směr jízdy. Toho lze dosáhnout na styku dvou na sebe kolmo navazujících chodeb jejichž průchozí profily odpovídají tab. 2.1. V místech vyhrazených pro invalidní vozíky a místech, kde je zapotřebí otáčet invalidní vozíky o 180° je nutné zajistit otáčecí prostor a průměru nejméně 1500 mm.

Průchozí profil chodby [mm]	1 200	1 100	1 000	900	850	800
Použitelná šířka dveří nebo šířka průchozího profilu kolmo navazující chodby [mm]	800	850	900	1 000	1 100	1 200

Tab. 2.1: Šířky chodeb do míst přístupných pro invalidní vozíky v kolejových vozidlech [1]

2.1.2 Maximální sklon ramp v kolejových vozidlech

V tab. 2.2 jsou uvedeny hodnoty maximálních sklonů ramp v kolejových vozidlech v závislosti na jejich délce. Na první pohled je patrné, že se jedná o sklony velice malé, tudíž i délka rampy nouzového čelního výstupu bude dosahovat poměrně velké délky.

Délka rampy	Maximální sklon [°]	Maximální sklon [%]
Na cestách mezi představkem u vnějších dveří přístupných pro invalidní vozíky, místem pro invalidní vozíky, vybavení na spaní s přístupností pro invalidní vozíky a univerzální toaletou		
Do 840 mm v jednopodlažních vozech	6,84	12
Do 840 mm ve dvoupodlažních vozech	8,5	15
Více než 840 mm ve dvoupodlažních vozech	3,58	6,25
V ostatních prostorách vlaku		
Více než 1000 mm	6,84	12
600 až 1000 mm	8,5	15
Méně než 600 mm	10,2	18
Poznámka: Tyto sklony musí být měřeny, když je vozidlo v klidu na přímé a rovné trati		

Tab. 2.2: Maximální sklon ramp v kolejových vozidlech [1]

Realizace rampy takovýchto parametrů by byla velice obtížná či neproveditelná. Nároky na zástavbový prostor v kabině strojvedoucího, které jsou přímo dané šířkou minimálního průchozího profilu a délkou rampy jsou nepřijatelné. Také výhledové poměry by bylo obtížné zajistit. Při porovnání prostředků vynaložených na výrobu takto rozměrné konstrukce a četnost používání tohoto výstupu, který se použije jen několikrát za celou dobu životnosti vozidla je toto řešení neefektivní.

TSI PRM celkově definuje požadavky pro nominální stav vozidla, nikoliv pro krizové situace, mezi něž evakuace zcela nepochybně patří. Proto i sklony uvedené v tabulce č. 2.2 nejsou pro nouzový čelní výstup směrodatné. Požadavky týkající se evakuace osob popisuje TSI LOC&PAS, avšak ani zde není uvedena informace vedoucí k jednoznačnému určení maximálního sklonu rampy. Je tedy potřeba najít jinou metodiku či předpis pro vyřešení této problematiky.²

2.1.3 Pomoc při nastupování do vlaku a vystupování z něj

Personál musí počítat s tím, že se ve vlaku mohou nacházet osoby s omezenou schopností pohybu a orientace, které v případě potřeby budou potřebovat pomoc při nastupování a vystupování z vlaku. [1]

2.1.4 Invalidní vozíky

Maximální technická omezení pro invalidní vozíky, které lze přepravovat vlakem jsou následující:

² Problematika určení maximálního sklonu rampy bude dále řešena v kapitolách 2.6, 8.1 a 9.4.

- Šířka 700 mm plus 50 mm na každé straně pro ruce při pohybu. Od tohoto požadavku je odvozena šířka min. průchozí profilu k místům pro invalidní vozíky
 - Délka 1200 mm a 50 mm na nohy
 - Nejmenší kolečko musí být schopno překonat mezeru 75 mm ve vodorovném směru a 50 mm ve svislém směru
 - Maximální výška invalidního vozíku nesmí přesáhnout hodnotu 1375 mm včetně případu obsazení mužem s 95 % výškovým percentilem
 - Maximální hmotnost elektrického invalidního vozíku, u něhož není zapotřebí poskytovat pomoc při přesunu přes pomocné zařízení pro nastupování, je 300 kg včetně uživatele a případných zavazadel. U manuálního vozíku je tato hmotnost 200 kg včetně uživatele a případných zavazadel.
 - Minimální světlá výška invalidního vozíku je 60 mm (pod nožními opěrkami) při úhlu stoupání 10° a pohybu vpřed
 - Musí být zajištěna dynamická stabilita v úhlu 6° a statická v úhlu 9° ve všech směrech
- [1]

2.2 TSI LOC&PAS

Tato TSI specifikuje požadavky týkající se lokomotiv a kolejových vozidel pro přepravu osob.

2.2.1 Kabina strojvedoucího

- Nástup a výstup v provozních podmínkách

Vnitřní dveře používané personálem ke vstupu do kabiny musí mít minimální světlost $1\,700 \times 430$ mm. [2]

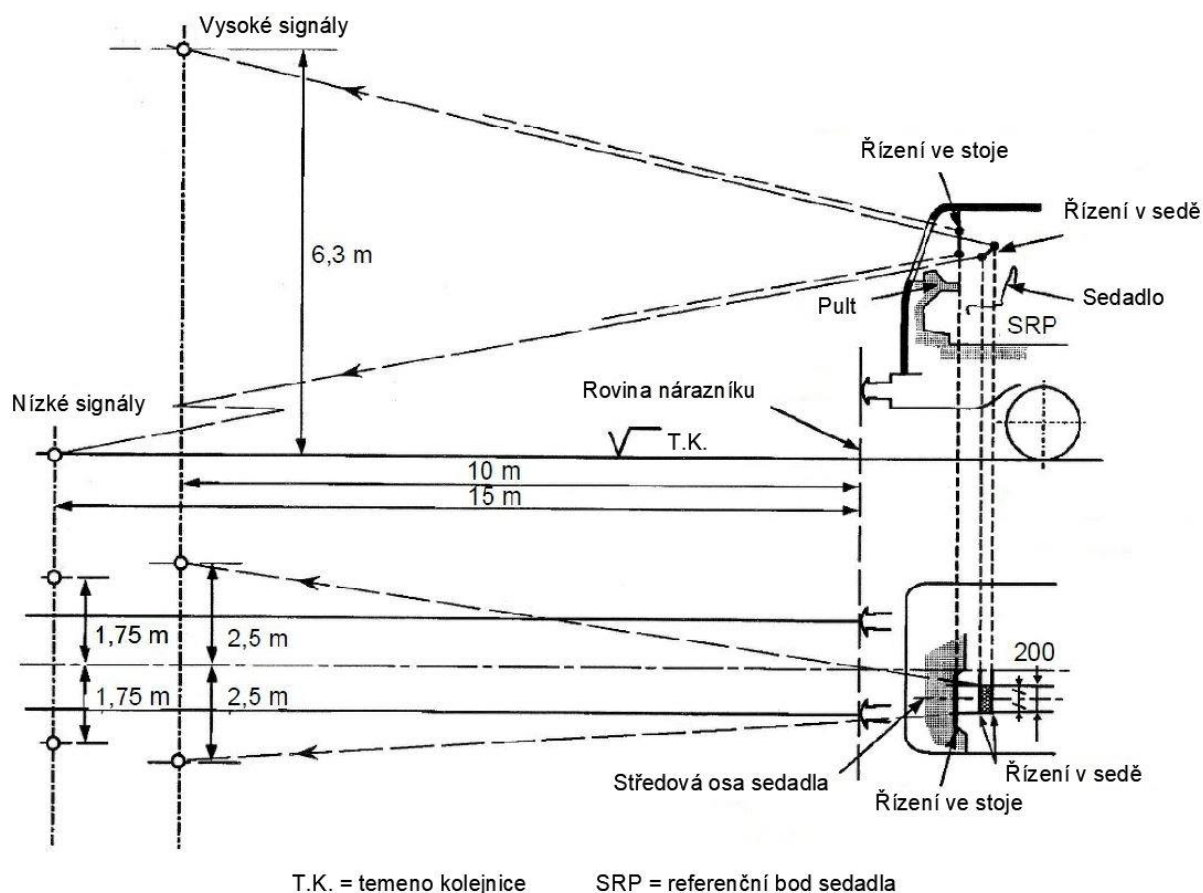
- Nouzový východ z kabiny strojvedoucího

Nouzový východ musí ve všech případech zajistit minimální volný prostor $2\,000\text{ cm}^2$ a minimální vnitřní rozměr 400 mm umožňující uvolnění zachycených osob.

Kabina strojvedoucího musí mít východ do interiéru vozidla, který musí zajistit vstup do prostoru o délce minimálně 2 metry a minimální světlé výšce uvedené v předchozí kapitole. V tomto prostoru se nesmějí nacházet žádné překážky, které by strojvedoucímu při úniku, jakkoliv bránily. [2]

- Výhled dopředu

Kabina musí být navržena tak, aby umožnila strojvedoucímu při řízení v sedě neomezený výhled na pevná návěstidla nalevo i napravo od přímé tratě a také v obloucích s poloměrem 300 m a více pro každý směr jízdy dle obr. 2.2. Mezi tato opatření především patří vhodné rozmístění vybavení kabiny, rozměry, poloha, tvar a povrchová úprava skel, poloha a kvalita zařízení na mytí čelního skla ad. Je-li lokomotiva či řídicí vůz jednotky určen také pro řízení ve stoje musí se požadavky týkající se výhledových poměrů z kabiny při řízení v sedě vztahovat i na polohu strojvedoucího ve stoje. [2]



Obr. 2.2: Předepsané čelní výhledové poměry z kabiny strojvedoucího [3]

- Vnitřní uspořádání

Vnitřní uspořádání kabiny musí být zohledněno v souvislosti s různou velikostí postav strojvedoucích. Dále se na podlaze nesmí nacházet žádné překážky či schůdky, které by bránily volnému pohybu strojvedoucího. V kabině se mimo sedadla strojvedoucího musí nacházet navíc ještě jedno sedadlo pro případný doprovod. [2]

2.2.2 Požadavky týkající se evakuace

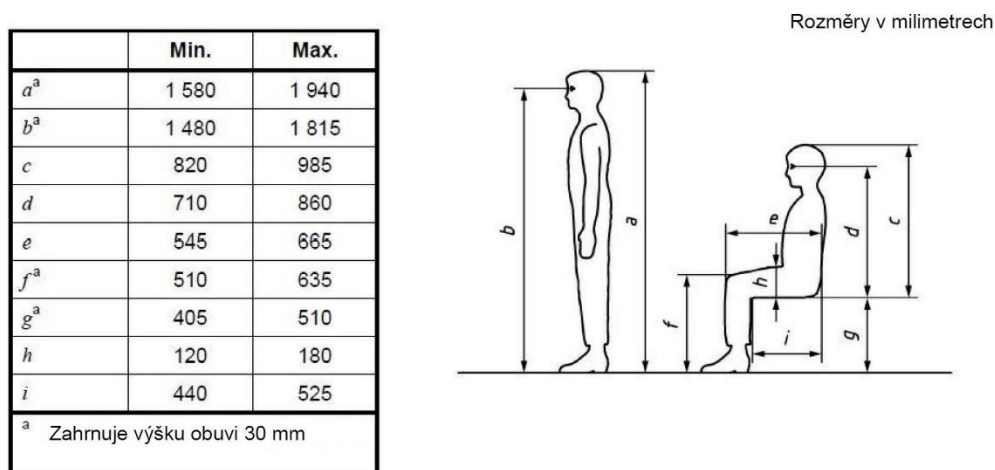
Všechny vnější dveře určené pro nástup a výstup cestujících musí být vybaveny zařízením pro nouzové otevření dveří. Tyto dveře jsou v případě evakuace brány jako nouzové východy, přičemž vozidla s maximální kapacitou 40 cestujících musí mít minimálně dva nouzové východy a vozidla s kapacitou větší než 40 cestujících minimálně tři. Na každé straně vozidla (vztaženo k podélné ose vlaku) musí být alespoň jeden nouzový východ. Dostatečný počet a rozměry nouzových východů musí umožnit všem cestujícím bez zavazadel opustit vlak během časového intervalu tří minut. Předpokládá se, že cestujícím s omezenou schopností pohybu a orientace bude poskytnuta pomoc od personálu vlaku či ostatních cestujících a osoby na invalidním vozíku budou evakuovány bez svého vozíku. Tento požadavek musí být ověřen provedením fyzické zkoušky za normálních provozních podmínek. [2]

2.3 Norma EN 16186-1

Tato evropská norma stanovuje nároky na kabinu strojvedoucího u interoperabilních³ kolejových vozidel při umístění řídicího pultu vlevo, vpravo či uprostřed kabiny. První její část je zaměřena na antropometrické rozměry postavy strojvedoucího a výhledové poměry.

2.3.1 Antropometrické rozměry postavy strojvedoucího

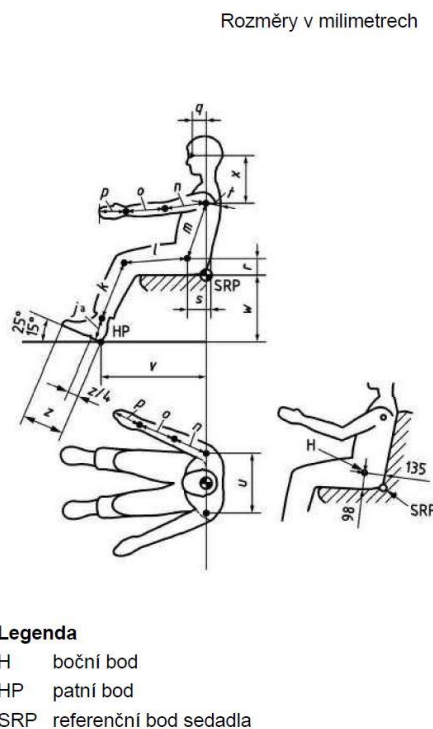
Na základě těchto rozměrů uvedených na obr. 2.3 a 2.4 jsou definovány čelní výhledové poměry z kabiny strojvedoucího.



Obr. 2.3: Antropometrické rozměry postavy strojvedoucího [4]

³ Interoperabilní kolejové vozidlo = kolejové vozidlo splňující požadavky TSI

	Min.	Max.
j^a	107	126
k	353	457
l	377	473
m	411	498
n	257	312
o	223	266
p	170	221
q	78	90
r	75	101
s	105	121
t	104	131
u	295	387
v	450 to 550	600 to 700
w	390 to 405	470 to 510
x	232	261
z	220	290
^a Zahnuje výšku obuvi 30 mm		



Obr. 2.4: Další antropometrické rozměry postavy strojvedoucího [4]

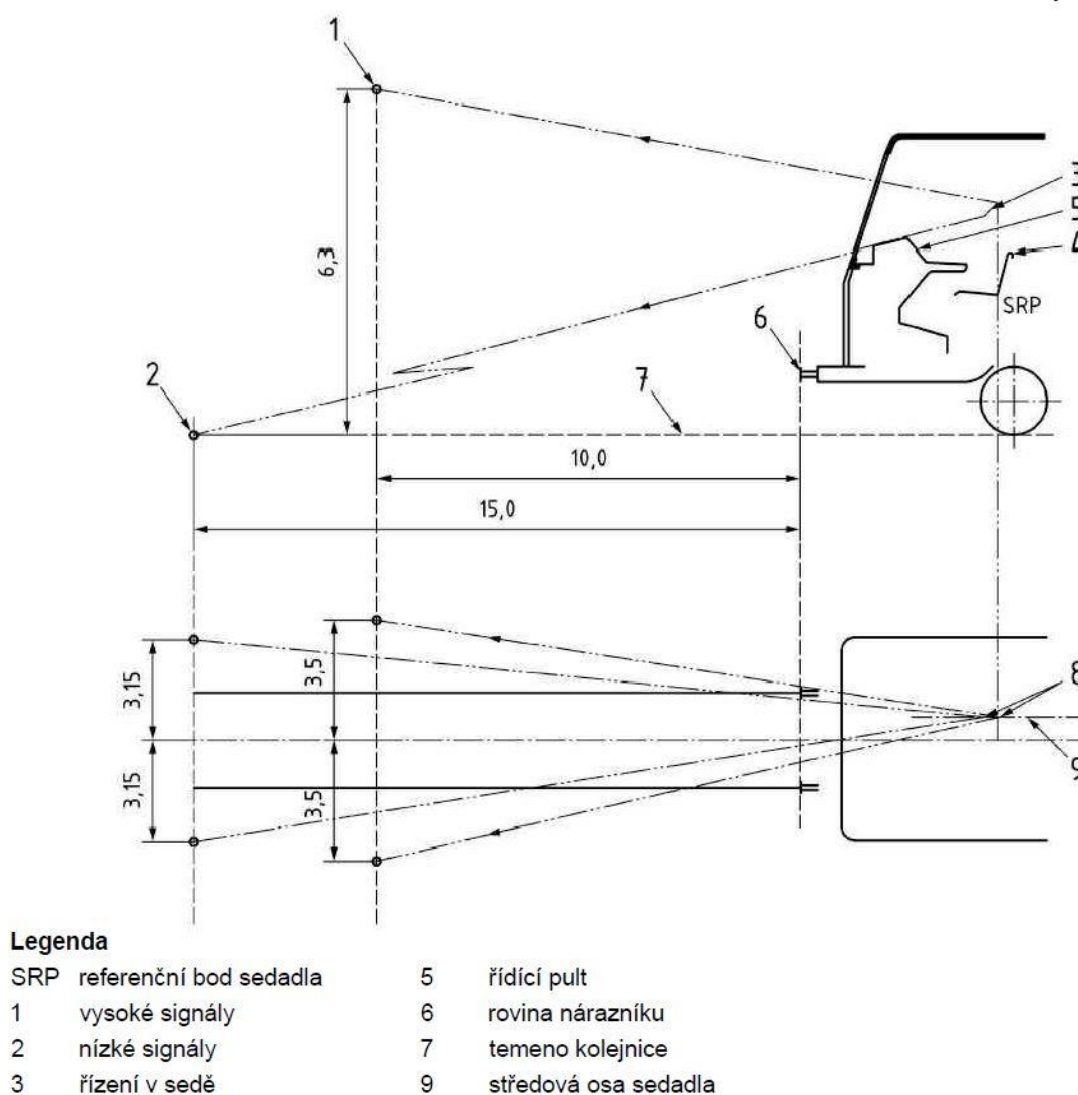
2.3.2 Čelní výhledové poměry

Vodorovná vzdálenost mezi čelním sklem a strojvůdcovým okem při řízení v sedící poloze musí být minimálně 500 mm a maximálně 1715 mm. Doporučuje se však, aby tato vzdálenost byla maximálně 1500 mm.

Strojvedoucímu při řízení vsedě musí být umožněn výhled na

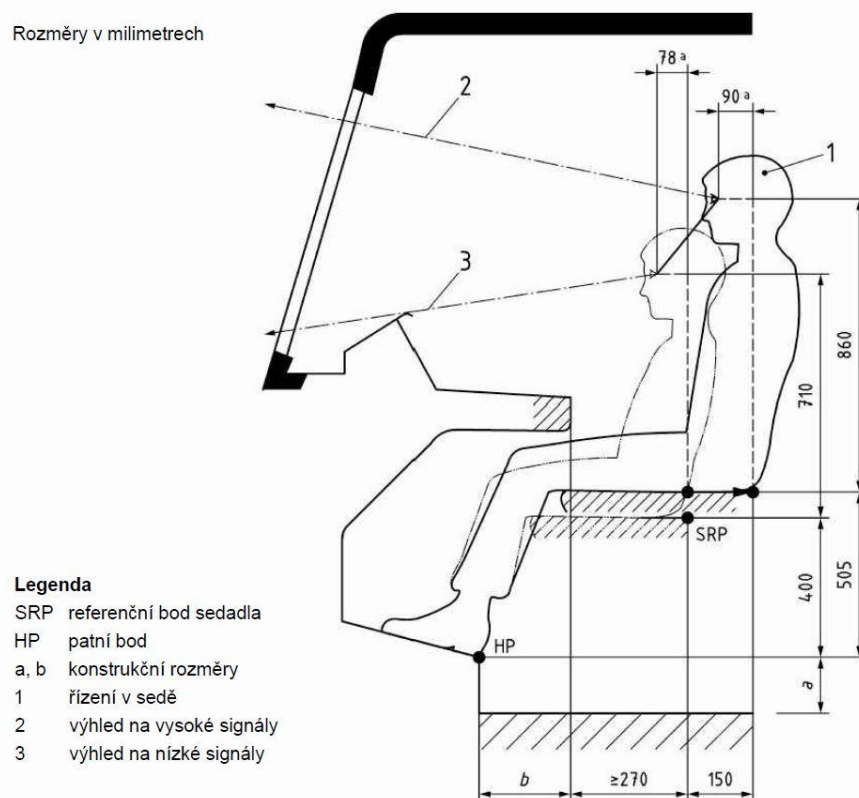
- vysoké signály nacházející se 6,3 m nad rovinou temene koleje ve vzdálenosti 10 m od roviny nárazníků či automatického spřáhla a zároveň na signály nacházející se 3,5 m vlevo a vpravo od středové podélné osy ve vzdálenosti také 10 m
- nízké signály nacházející se ve výšce roviny temene koleje ve vzdálenosti 15 m od roviny nárazníků či automatického spřáhla a zároveň na signály nacházející se 3,15 m vlevo a vpravo od středové podélné osy ve vzdálenosti také 10 m dle obr. 2.5.

Rozměry v metrech

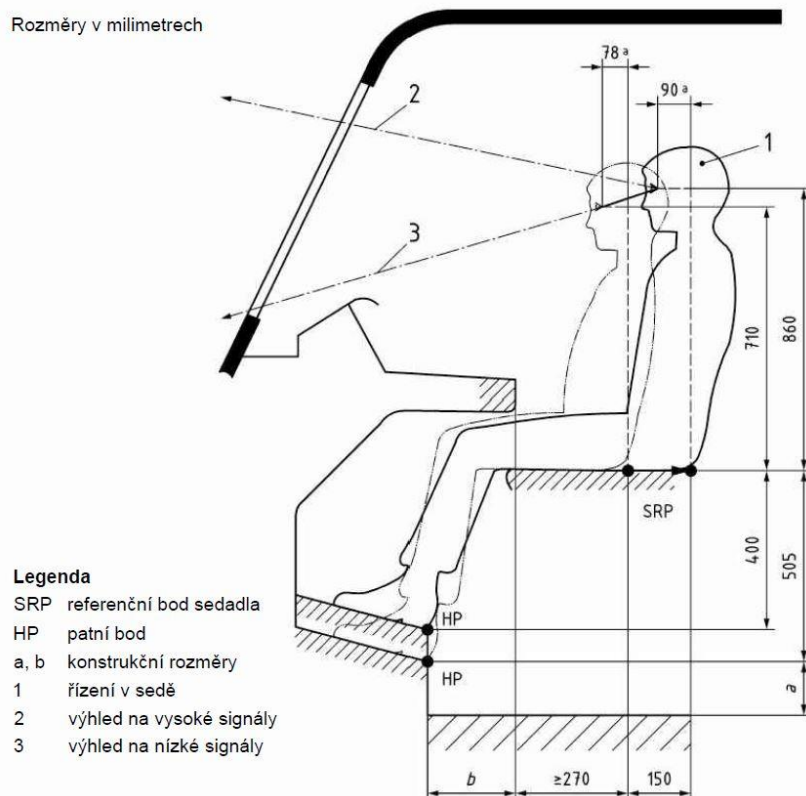


Obr. 2.5: Čelní výhledové poměry z kabiny strojvedoucího [4]

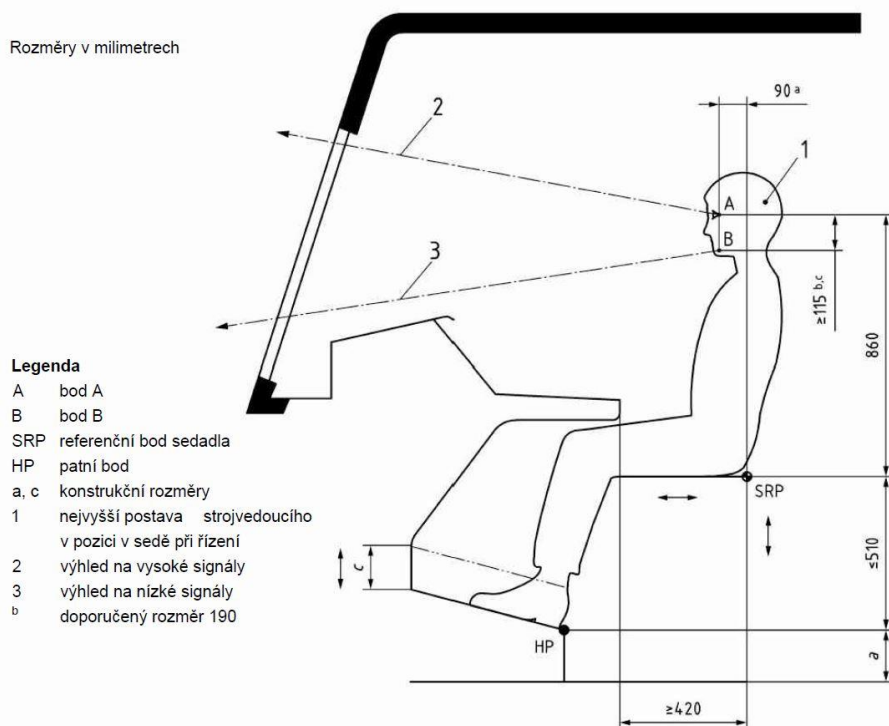
Pozice očních bodů jsou definovány na obr. 2.6 při pevné nožní opěrce a polohovatelném sedadlu, na obr. 2.7 při polohovatelné nožní opěrce a neměnné výšce sedadla, na obr. 2.8 při polohovatelné nožní opěrce a polohovatelném sedadlu. Splnění výhledových poměrů musí být prokázáno pomocí tzv. výhledových přímek, které začínají v očním bodu strojvůdce, dále jsou vedeny skrze čelní sklo a končí v bodech vyznačujících vysoké či nízké signály. Výhledové poměry na obr. 2.6 a 2.7 jsou prokázány náčrtem výhledových linií začínajících v očním bodě nacházejícím se uprostřed spojnice očních bodů nejmenšího a největšího strojvedoucího.



Obr. 2.6: Čelní výhledové poměry strojvedoucího při pevné nožní opěrce a polohovatelném sedadlu [4]



Obr. 2.7: Čelní výhledové poměry strojvedoucího při polohovatelné nožní opěrce a pevném sedadlu [4]



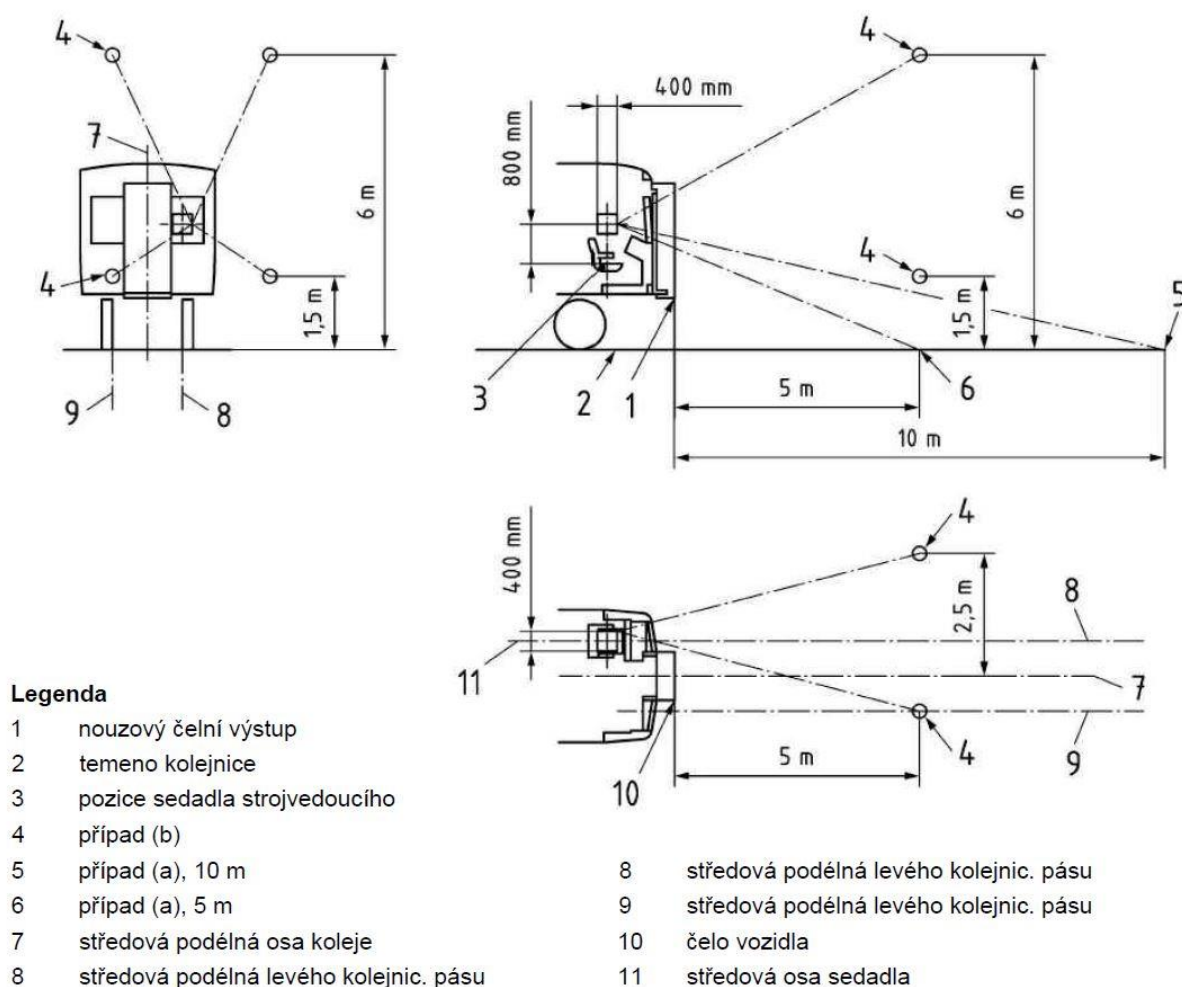
Obr. 2.8: Čelní výhledové poměry strojvedoucího při polohovatelné nožní opěrce a polohovatelném sedadlu [4]

Na obr. 2.8 pokrývají výhledové poměry vysokého strojvedoucího výhledové poměry malého strojvedoucího. Prokázání výhledových poměrů je založeno opět na náčrtu výhledových přímek z očního bodu A na vysoké signály a z bodu B, který se nachází ve vzdálenosti minimálně 115 mm svisle od bodu A na nízké signály. Doporučená vzdálenost je 190 mm.

Pro všechny uvedené varianty výhledových poměrů znázorněných na obr. 2.6, 2.7, 2.8 norma doporučuje, aby minimální vzdálenost v podélném směru (na obr. 2.5), při které jsou viditelné nízké signály byla menší, než je předepsaná hodnota 15 m.

- Čelní výhledové poměry pro Velkou Británii a Irsko

Hodnocení výhledových poměrů ve Velké Británii a Irsku se oproti ostatním zemím liší. Oko (oční bod) strojvedce se musí nacházet v pomyslné referenční krychli s délkou hrany 400 mm a středem umístěným ve vzdálenosti 800 mm svisle nad povrchem dosedací plochy sedadla.



Obr. 2.9: Čelní výhledové poměry pro Velkou Británii a Irsko [4]

Sedadlo strojvedoucího se uvažuje polohovatelné ve svislé a podélné rovině vozidla. Strany pomyslné referenční krychle jsou rovnoběžné se středovou podélnou osou vozidla. Ve vzdálenosti 5 m vodorovně od roviny nárazníku či spřáhla musí být zajištěna viditelnost na signály ve výšce temene kolejnice pro vozidla, u kterých dochází často ke spřáhování. U ostatních vozidel je tato podélná vzdálenost 10 m. Na obr. 2.9 jsou tyto požadavky označeny číslem 5 a 6. Dále musí být zajištěn výhled na signály ve vzdálenosti 5 m vodorovně od roviny spřáhla výšce 1,5 až 6 m nad rovinou temene kolejnice a v příčné rovině od středu pravého kolejnicového pásu až do vzdálenosti 2,5 m nalevo od středové osy vozidla. U vozidel, která nejsou vybavena nouzovým čelním výstupem, tudíž nemusí vést středem kabiny ulička v podélném směru vozidla, musí být zajištěn výhled do šířky 2,5 m na obě strany od středové podélné osy.

2.4 Norma GM/RT2130

Jedná se o britskou normu, která definuje požadavky týkající se požární bezpečnosti a evakuace osob u kolejových vozidel pro přepravu osob. Blíže například specifikuje požadavky na nouzové osvětlení, použití materiálů odolných proti vzplanutí pro konstrukci kolejových vozidel, boční a čelní evakuaci ad.

2.4.1 Evakuace čelem vozidla

Oba řídicí vozy jednotky musí být vybaveny nouzovými čelními výstupy a v rámci celé vozové soupravy musí být zajištěna evakuační cesta, která by umožňovala cestujícím volný pohyb z jednoho konce jednotky na druhý. Cestující musí být schopni otevřít všechny vnitřní dveře i v případě výpadku elektrického proudu. Vnitřní dveře, které jsou v běžném provozu zamčené, musí být při evakuaci možné otevřít bez použití klíčů či náradí. Tyto dveře proto musí být vybaveny speciálním mechanismem, který tento požadavek splňuje, zároveň však musí být navržen tak, aby bylo adekvátním způsobem zabráněno otevření těchto dveří neoprávněnými osobami v běžném provozu. Na nouzové čelní výstupy jsou kladené stejné požadavky, co se týče zabezpečení proti neoprávněnému použití, nicméně jejich aktivace musí být cestujícím umožněna, jak zevnitř, tak zvenku. Aktivační zařízení se musí nacházet v blízkosti nouzového čelního výstupu a jeho použití musí být jednoduché a bezpečné. [5]

Při čelní evakuaci vozidla způsobem Train to Track (z vlaku do kolejiště) musí být dosaženo minimální průchodnosti 30 cestujících za minutu od okamžiku úplného otevření nouzového čelního výstupu. [5]

Při evakuaci způsobem Train to Train (z vlaku do vlaku) v rámci tzv. „zvýšeného skupinového úsilí“, kdy si cestující navzájem pomáhají za účelem zkrácení celkové evakuační doby celé posádky, musí být dosaženo minimální průchodnosti 40 cestujících za minutu. Předpokládá se, že havarovaná jednotka je plně obsazená a jednotka nově přistavená naopak zcela prázdná. [5]

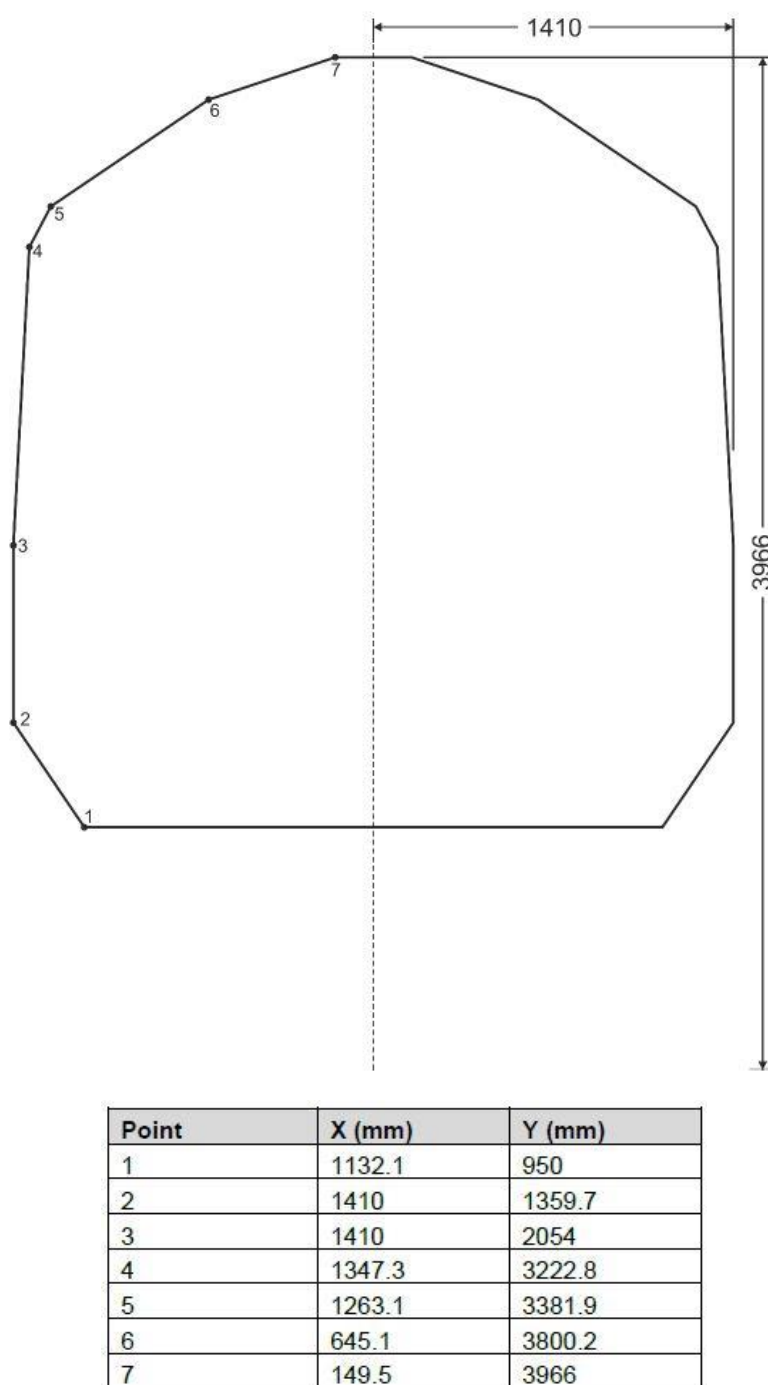
2.5 GE/RT8073

Tato norma definuje požadavky na obrys pro vozidla jezdící ve Velké Británii.

2.5.1 Passenger Gauge 1 (20 m) PG 1

Statický obrys PG 1 se vztahuje na vozidla pro přepravu osob a vychází z pomyslného vozidla s délkou skříně 20,38 m, vzdáleností otočných čepů podvozků 14 173 mm, rozvorem podvozků 2,6 m a s maximální dovolenou rychlostí 160 km/h. Minimální poloměr směrového

oblouku, pro průjezd vozidla je 120 m. Tvar a souřadnice bodů statického obrysu jsou znázorněny na obr. 2.10. [6]



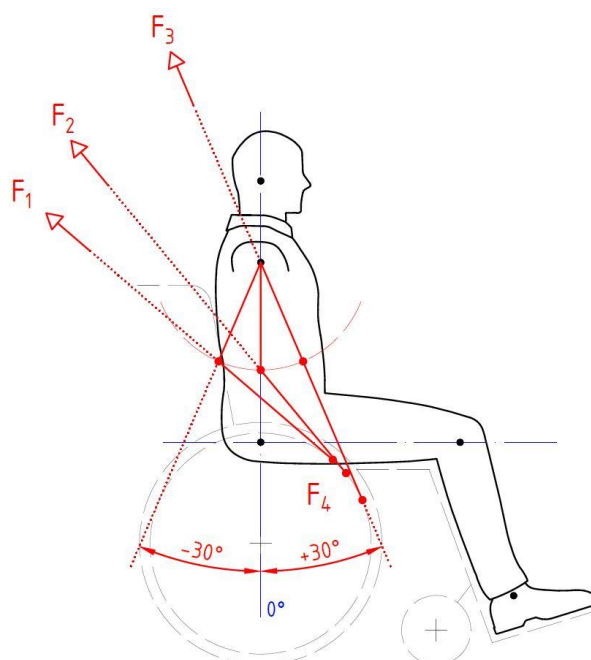
Obr. 2.10: Statický obrys PG 1 [6]

Vedle výše uvedených norem, definujících mimo jiné například požadavky na průchodnost vozidlem a výhledové poměry, je v další části řešerše zpracován přehled ergonomických požadavků.

2.6 Human Factors and Ergonomics Design Handbook

Účelem této příručky je poskytnout základní informace týkající se lidských vlastností v souvislosti s návrhem rozhraní mezi člověkem a pracovním prostředím. Cílem je dosáhnout přizpůsobení pracovních podmínek výkonnostním možnostem člověka. Příručka také mimo jiné udává informace o silových možnostech člověka v různých situacích.

Na obr. 2.11 je znázorněna situace, kdy se osoba na invalidním vozíku snaží zastavit. Toho je dosaženo působením sil F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , obou paží při různých polohách paže na obvodu obručového kola pevně spojeným s kolem invalidního vozíku. Síly F_1 , F_2 , F_3 jsou tažné síly jedné paže s vyznačeným směrem působení, síla F_4 představuje sílu stisku jedné ruky, může být také chápána jako třecí síla, působící na poloměru obručového kola.



Obr. 2.11: Osoba na invalidním vozíku při brždění [7]

Síly F_1 , F_2 , F_3 jsou podle tab. 2.3 závislé na odklonu paže od neutrální (modré) osy a zároveň také na pohlaví.

	F_1 [N]	F_2 [N]	F_3 [N]	F_4 [N] - Síla stisku
α [°]	-30	0	30	
Muž	112	154	169	255 (170)
Žena	74	102	112	150 (100)

Tab. 2.3: Síly působící na osobu na invalidním vozíku při brždění [7]

Síla F_4 je mimo pohlaví závislá na délce trvání stisku ruky. Okamžitý (maximální) stisk, který člověk dokáže vyvinout pouze na krátký časový interval je uveden bez závorek, v závorkách jsou uvedeny hodnoty stisku, který člověk dokáže udržet delší dobu.

Obecně platí, že ženy dokážou vyvinout o třetinu menší sílu než muži. Všechny hodnoty uvedené v tab. 2.3, jsou pro dospělé jedince v poloze v sedě. Tyto hodnoty byly zjištěny na základě průzkumu a testování v armádním prostředí. Nedoporučuje se, aby se tyto konkrétní hodnoty používaly při návrhu jakéhokoliv zařízení, jelikož člověk není vždy za daných okolností schopen těchto hodnot dosáhnout např. z důvodu momentálního psychického stavu, teploty prostředí a jiných ovlivňujících faktorů. Proto, je třeba chápat tyto hodnoty jako přibližné a orientační.

Pro návrh nouzového čelního výstupu se bude muset provést patřičná korekce těchto hodnot, aby odpovídala skutečnosti.

3. Přehled realizovaných a navrhovaných řešení čelního evakuačního výstupu

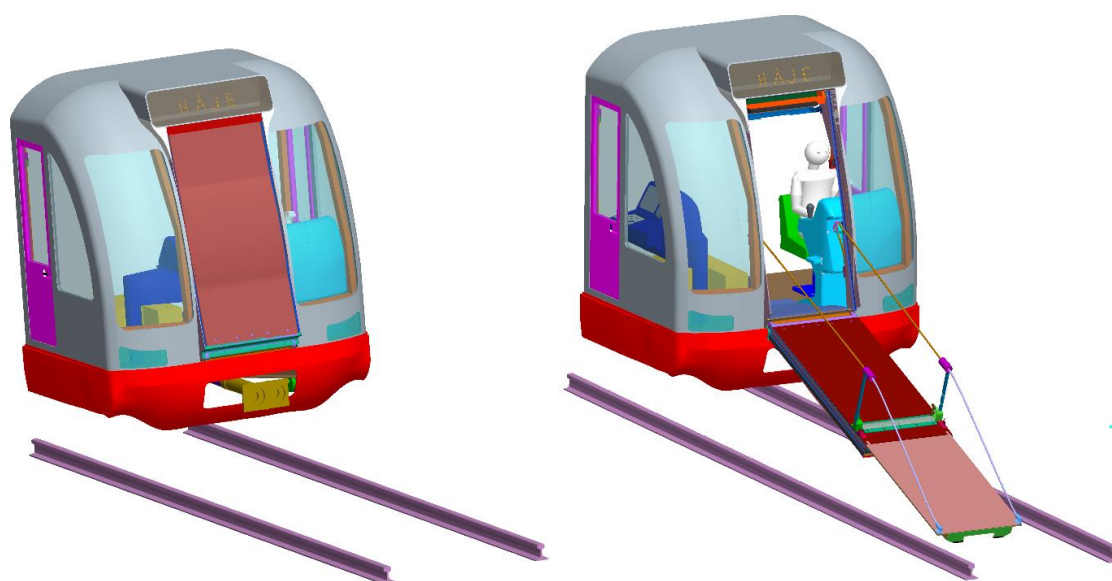
Požadavky na čelní evakuační výstup se postupně s vyvíjející se legislativou mění a s tím i jeho celková koncepce. Typickým příkladem je zavedení TSI PRM, která uvádí požadavky pro zpřístupnění železničního systému Unie pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. Z tohoto důvodu již není například možné navrhovat nouzový výstup čelem vozidla ve formě schůdků, ale nakloněné roviny (rampy), po které je schopna se evakuovat i osoba na invalidním vozíku. Proto jsou v tomto přehledu uvedena pouze konstrukční řešení, splňující nebo blížíící se stávající legislativě.

3.1 Metro M1

Návrh evakuačního výstupu středem čela vozidla pro pražské metro M1 byl předmětem diplomové práce Ing. Petra Klenky [8]. Konstrukční řešení, ale nebylo v praxi aplikováno.

3.1.1 Základní koncepce

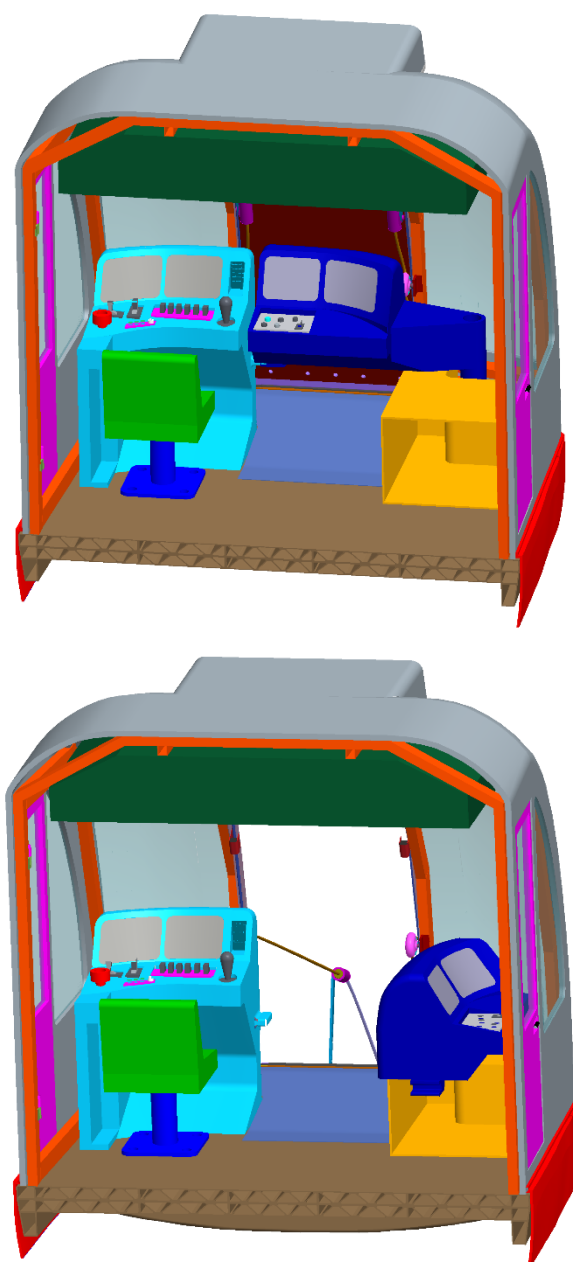
Nouzový výstup je řešen jako vyklápěcí rampa, která se skládá ze dvou do sebe uložených panelů (vnějšího dutého a vnitřního plného panelu). Vnitřní panel je v dutém uložen na kolečkách, což umožňuje jeho vysunutí při daných sklonových poměrech pouze vlastní tíhou a pružinovým systémem. Brzdění jednotlivých pohybů se děje pomocí lan, která v otevřeném stavu tvoří zábradlí pro cestující, viz obr. 3.1. [8]



Obr. 3.1: Dveřní systém v zavřeném a otevřeném stavu [8]

3.1.2 Uspořádání kabiny strojvedoucího

V souvislosti s umístěním čelního výstupu do středu vozidla je uzpůsobeno i uspořádání stanoviště strojvedoucího. Sedadlo strojvedoucího je posunuto k levé straně z důvodu vytvoření evakuační cesty středem vozidla a také k zajištění výhledových poměrů, které jsou v tomto případě ztíženy neprůhledností konstrukce dveřního systému čelního výstupu. Řídicí pult na obr. 3.2 musí být řešen jako dvoudílný, z čehož jedna část pultu je otočná okolo svislé osy a umožňuje uvolnění prostoru pro evakuaci cestujících. Odklápění tohoto pultu se provádí manuálně. [8]

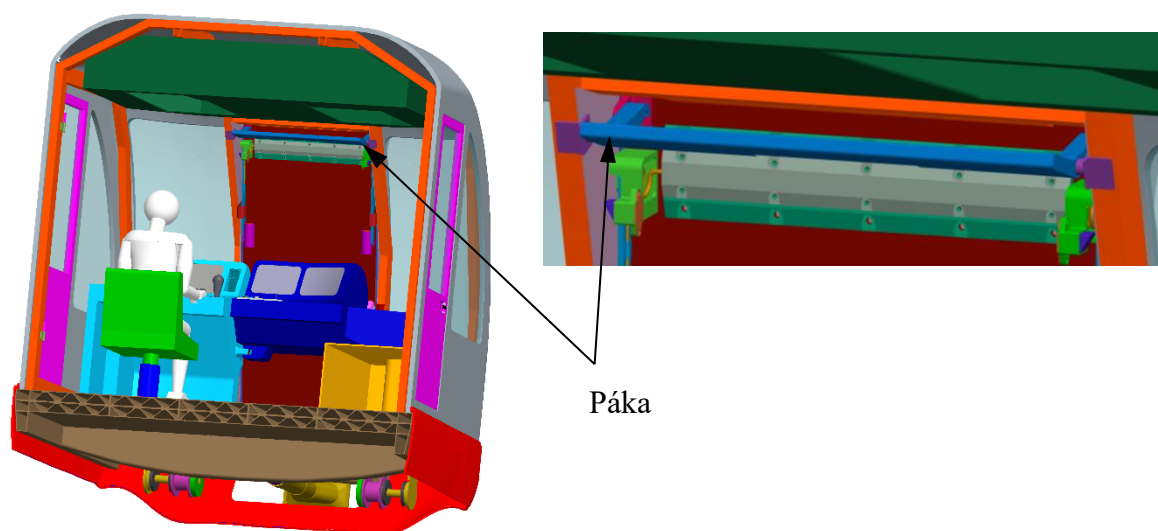


Obr. 3.2: Uspořádání stanoviště strojvedoucího při zavřeném a otevřeném čelním výstupu [8]

3.1.3 Mechanismus otevření nouzového čelního výstupu

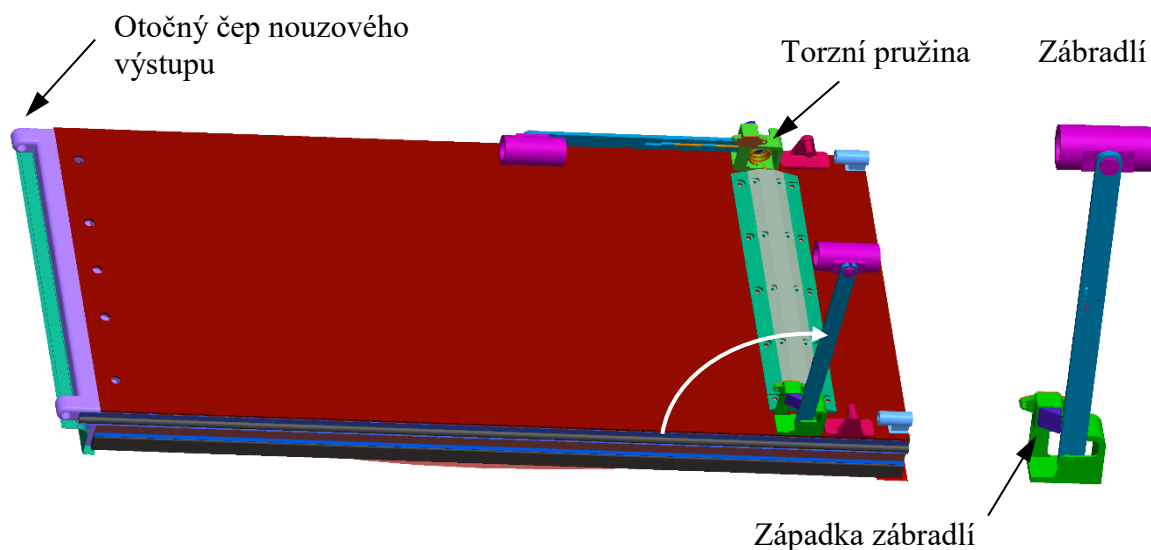
Před samotným otevřením je nutné čelní výstup nejprve odjistit. Toho je dosaženo zatažením za páku, která se nachází v horní části kabiny a na obr. 3.3 je znázorněna modrou barvou.

Otevření nouzového výstupu je uvažováno lidskou silou, protože se jedná o pouhé překlacení plošiny o několik stupňů a poté již začne plošina padat sama. [8]



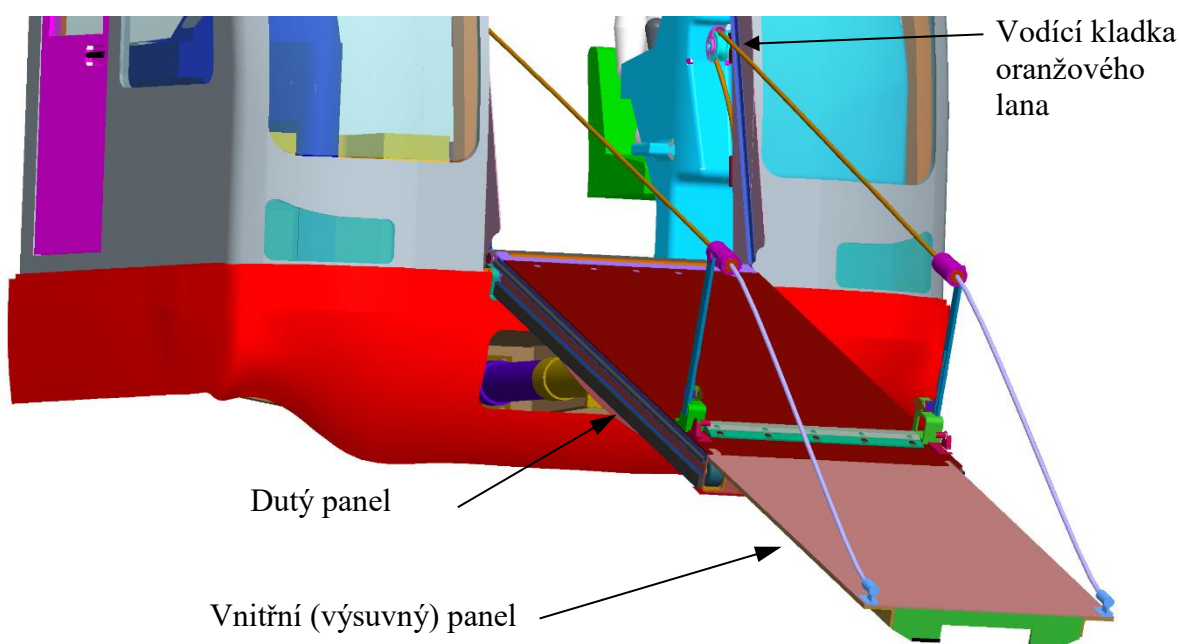
Obr. 3.3: Aktivační mechanismus čelního výstupu a jeho umístění v kabině strojvedoucího [8]

Otevření nouzového výstupu také napomáhají zkrutné pružiny narovnávající zábradlí do svislé polohy, které usnadňují překonávání mrtvé polohy, než začne nouzový výstup padat sám vlastní tíhou, jak je patrné z obr. 3.4. V otevřené poloze je zábradlí zajištěno západkou, která brání tomu, aby se zábradlí zpětně sklopilo do uzavřené polohy v okamžiku, kdy na něj začne působit brzdící síla lan zabraňující nekontrolovatelnému pádu plošiny. Je totiž nutné, aby před tím, než vnitřní panel dosedne na zem, dojel až do polohy svého maximálního vysunutí. Jinak by nedošlo k úplnému vysunutí vnitřního panelu a zvětšil by se jeho sklon, a tím by se zhoršily podmínky pro evakuaci cestujících [8]



Obr. 3.4: Dutý panel se sklápěcím zábradlím [8]

Velmi důležitou roli pro funkci celého nouzového výstupu mají lana tvořící součást zábradlí. Slouží jako pomocná opora pro evakuované cestující, ale mají také již zmiňovanou brzdicí funkci. [8]



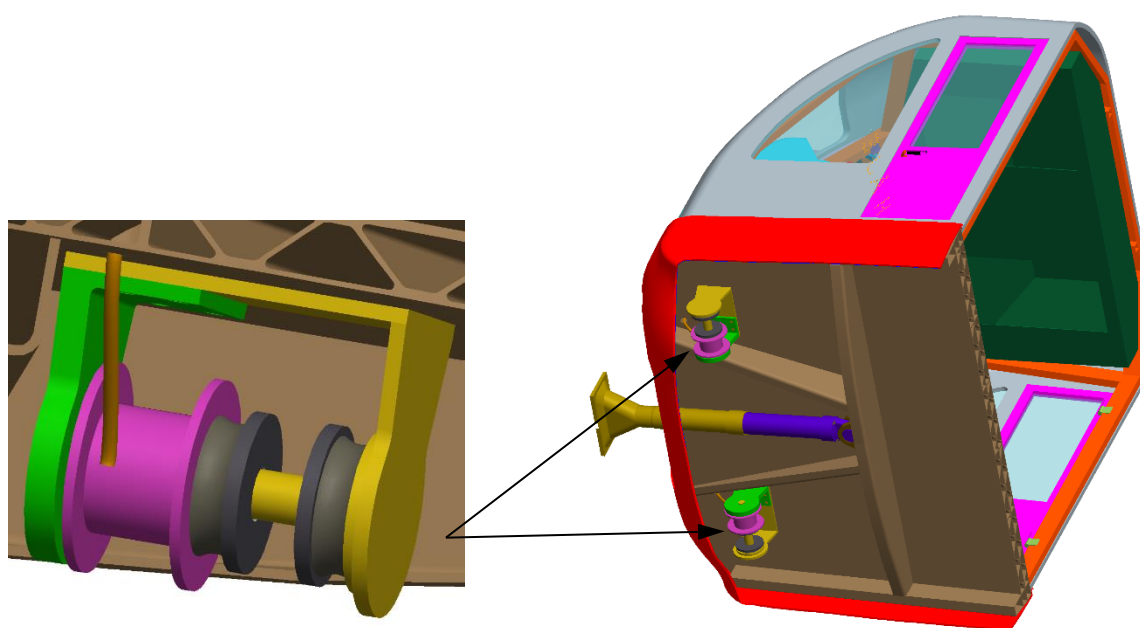
Obr. 3.5: Uchycení lan nouzového výstupu [8]

Z obr. 3.5 je patrné, že je použito dvou druhů lan (oranžových a modrofialových). Oranžová lana slouží k brždění otáčivého pohybu nouzového výstupu jako celku. Brzdná síla je vyvozována brzdým mechanismem, který je umístěn na spodku vozidla.

Modrofialová lana mají funkci brždění vnitřního panelu v koncové fázi jeho pohybu před nárazem na doraz. Jsou pružná, aby se brždění odehrávalo, pokud možno bez rázů. Jejich volná délka a tuhost je zvolena tak, aby brždění se odehrálo na co nejmenší dráze, a tím by byla co nejpřesněji zajištěna koncová poloha vysunutého vnitřního panelu.

Brzdicí mechanismus plošiny musí být schopný vyvinout požadovaný průběh brzdicí síly, která působí přes oranžové lano a mechanismus zábradlí na nouzový výstup. Na obr. 3.6 je vidět umístění tohoto brzdicího mechanismu na spodku vozidla pod stanovištěm strojvedoucího.

Oranžové lano je navinuto na fialové cívce. Jakmile se začne nouzový výstup otevírat, začne lano cívku roztáčet. Tato cívka funguje jako otáčející se matice na pohybovém šroubu a začne se posouvat směrem doprava. K této cívce i ke kostře tohoto brzdicího mechanismu jsou přes pryžové pružicí prvky připevněny třecí kotouče. Ty na sebe po určité době dosednou a začnou vyvozovat stále se zvětšující brzdnu sílu. Takto vytvořená brzdna síla umožní požadované zabrzdění plošiny v závěrečných fázích jejího vysouvání. [8]



Obr. 3.6: Detail a umístění brzdného mechanismu [8]

3.2 Metro Barcelona

Tato konstrukce nouzového čelního výstupu byla navržena pro vozidla Alstom Metropolis 9000 Series, které jsou nasazeny v barcelonském metru. Jedná se o automatizované metro, tudíž v obou koncových vozidlech chybí stanoviště strojvedoucího. To podstatně

ulehčuje konstrukci nouzového čelního výstupu z hlediska zástavbového prostoru, který zde není tolik omezen jako např. u železničních vozidel. V tomto konkrétním případě činí šířka čelního evakuačního výstupu 1246 mm a rampa dosahuje délky 3,5 metru.

3.2.1 Základní koncepce

Nouzový čelní výstup je stejně jako v předchozím případě proveden ve formě dvoudílné výklopné rampy, přičemž oba díly jsou spojeny kloubem přibližně uprostřed celkové délky rampy. Podélníky rámu obou dílů jsou tvořeny z profilů s drážkou uvnitř ve které se pohybuje roleta, která v plně otevřeném stavu čelního výstupu tvoří pochozí plochu rampy. Koncová poloha rampy je daná délkou jisticích lan, která jsou ukotvena ke skříni vozidla dle obr. 3.7.

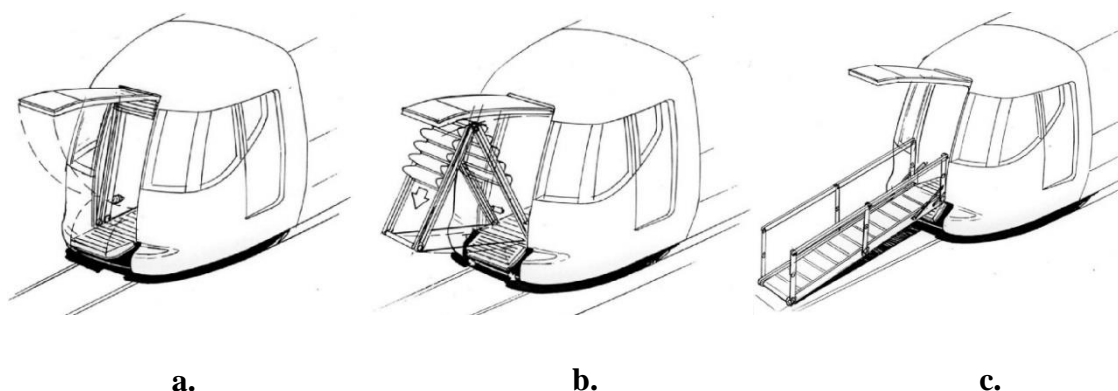


Obr. 3.7: Nouzový čelní výstup u vozidel metra v Barceloně [9]

3.2.2 Mechanismus otevření nouzového čelního výstupu

Systém spouštění nouzového evakuačního výstupu je patrný ze schématu na obr. 3.8.

- Nejprve dojde pomocí aktivačního zařízení k uvolnění krytu čelního výstupu, který se odklopí směrem nahoru.
- Při dosažení maximální polohy vyklopení čelního krytu se zároveň uvolní skládací dvojdílný rám rampy, který je rozevírán pomocí zkrutných pružin uložených ve spoji obou dílů rampy. Oba díly jsou ve spodní části propojeny lankem, které při postupném rozevírání dílů stahuje přes kladkový mechanismus rolety. Tyto následně vytvoří pochozí plochu celé rampy.
- Součástí rampy může být také zábradlí, ale není to podmínkou. Rampa musí být ve své koncové pozici jištěna kotvícími lany, která v tomto schématu chybí.



Obr. 3.8: Schéma otevření nouzového čelního výstupu [10]

4. Koncept řešeného vozidla

Jedná se o ucelenou pětivozovou soupravu, přičemž oba hlavové vozy jsou plně trakční, ostatní vložené vozy jsou netrakční. Vzhledem k použití čelního nouzového výstupu je stanoviště strojvedoucího posunuto na levou stranu. Dále je v celé délce vlakové soupravy zajištěn minimální průchozí profil široký 800 mm, aby tudy mohla projet osoba na invalidním vozíku. Příměstská jednotka je uvažována pro provoz ve Velké Británii. Dodávka elektrické energie je zajištěna pomocí boční kolejnice, obdobně jako u souprav metra v Praze.

Hrubá stavba vozové skříně je uvažována integrální formou. Skříň je svařena z velkoplošných protlačovaných profilů ze slitiny hliníku a následně jsou do svařeného tubusu vyfrézovány otvory pro okna a dveře.

Rám podvozku ve tvaru písmene H je navržen pro zaručení dostatečné bezpečnosti proti vykolejení na zborcené koleji jako torzně poddajný. Primární vypružení je řešeno pomocí pryžokovových pružicích prvků. Sekundární vypružení je zajištěno vzduchovými membránovými pružinami v kombinaci nouzovou pružinou, která je zařazena v sérii. Ostatní technické parametry vozidla jsou uvedeny v tab. 4.1. Typový výkres čelního vozu příměstské jednotky je uveden v příloze.

Vozidlo		
rozchod	1 435	mm
celková délka vozidla	100 000	mm
hmotnost prázdného vozidla	175	t
sedadel	275	
počet cestujících při prov. obsazení	875	
Pohon		
napájecí napětí AC/DC	25 000/750	V
maximální rychlost	160	km/h
trakční výkon kW	1 880	kW
Pojezd		
uspořádání pojezdu	Bo'Bo'+2' 2'+2' 2'+2' 2'+Bo'Bo'	
rozvor podvozku	2 200	mm
průměr kol nových (opotřeбенých)	820 (760)	mm
hmotnost podvozku	6 400	kg
Vozová skříň		
počet podlaží	1	
vzdálenost otočných bodů podvozků	14 135	mm
délka vozové skříně	20 000	mm
šířka vozové skříně	2 780	mm

Tab. 4.1: Parametry příměstské jednotky

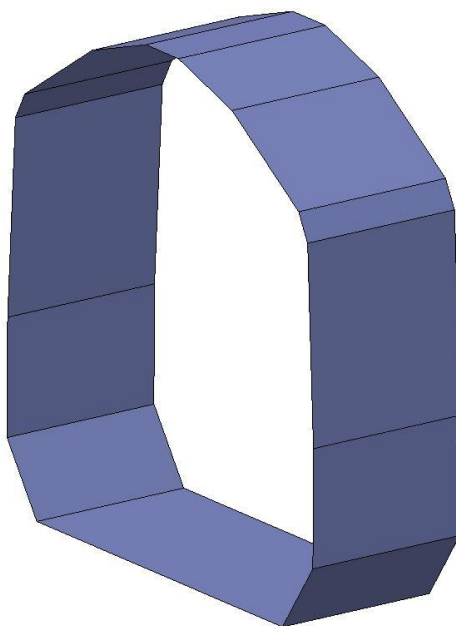
Na obr. 4.1 je zobrazen čelní vůz příměstské jednotky.



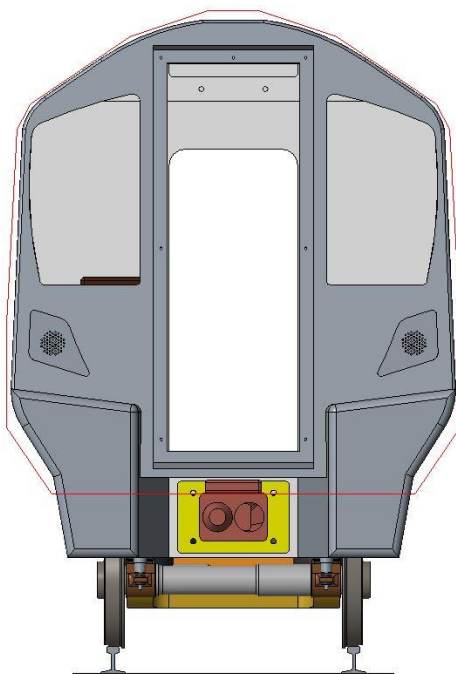
Obr. 4.1: Čelní vůz příměstské jednotky

5. Obrys vozidla

Vozidlo nesmí při zástavbě nouzové čelního výstupu přesáhnout jakoukoliv jeho částí statický obrys vozidla zmíněný v kapitole 2.5.1. Pro ověření splnění obrysu pro řešené vozidlo byl vytvořen 3D model na obr. 5.1 přesně dle souřadnic na obr. 2.10.



Obr. 5.1: 3D model statického obrysu PG 1



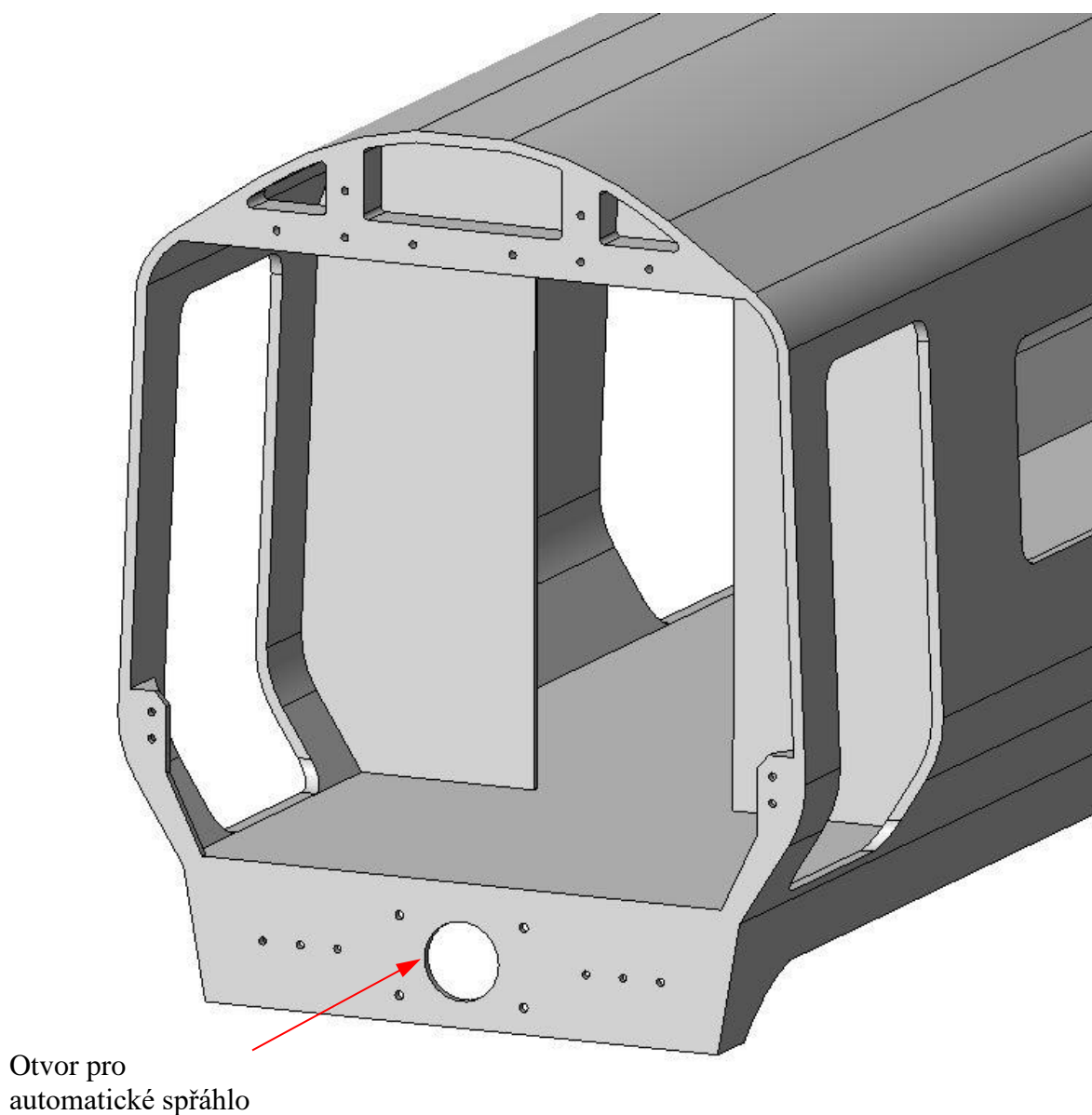
Obr. 5.2: Obrys PG 1 aplikovaný na modelu řešeného vozidla

Na čelním pohledu vozidla na obr. 5.2 je červenou barvou vyznačena linie statického obrysu PG 1, která prokazuje jeho splnění.

6. Napojení čela na vozovou skříň

Čelo vozidla je svařeno z ocelových plechů a je přimontováno k vozové skříni. Spojení je realizováno pomocí dvaceti šroubů M 24, v úrovni automatického spřáhla šesti šrouby, na bocích čtyřmi a v oblasti vazníku osmi viz obr. 6.1. Uvnitř samotného čela jsou rozmístěny deformační prvky pro zlepšení pasivní bezpečnosti.

Automatické spřáhlo je vedeno pod čelem vozidla a je ukotveno do hrubé stavby pomocí čtyřech šroubů M 24.

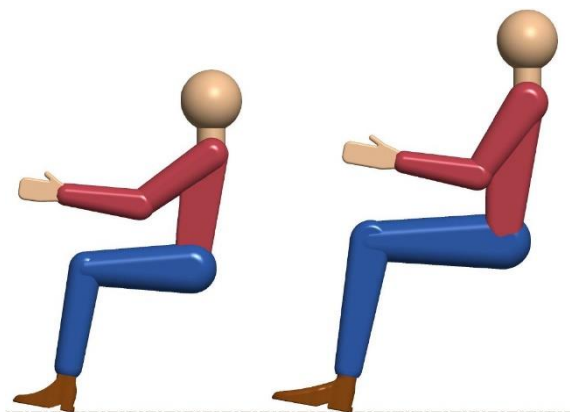


Obr. 6.1: Napojení čela vozidla na vozovou skříň

7. Výhledové poměry

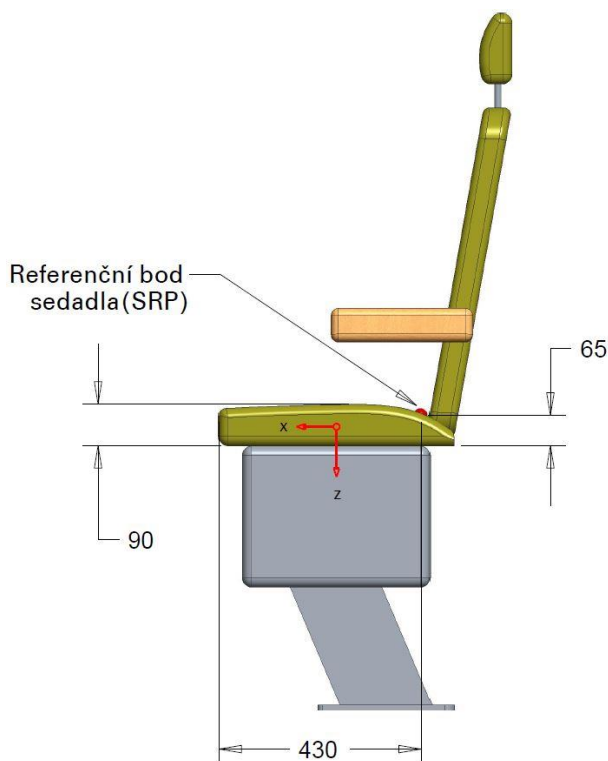
7.1 Postavy strojvedoucího

Pro kontrolu čelních výhledových poměrů byly vytvořeny 3D modely nejmenší a největší postavy strojvedoucího dle antropometrických údajů na obr. 2.4, které stanovuje norma EN 16186-1.



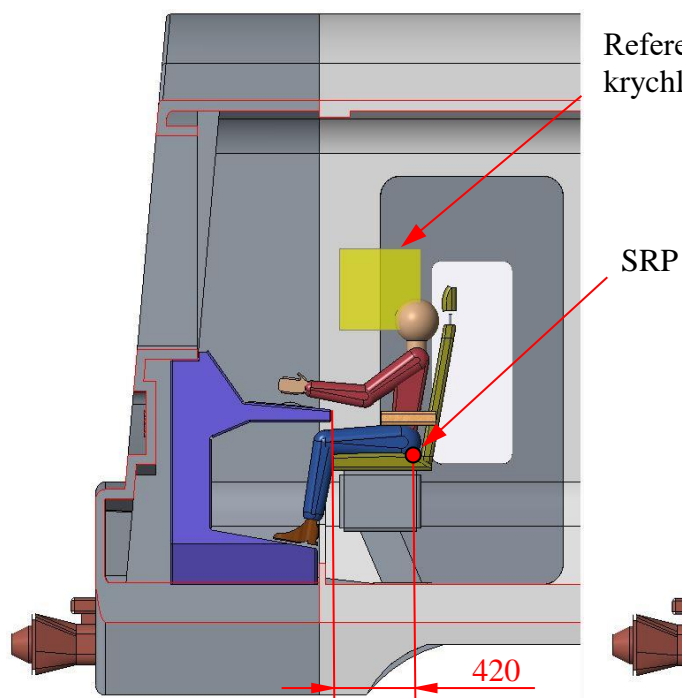
Obr. 7.1: 3D modely postav strojvedoucího v poloze při řízení v sedě

Postavy strojvedoucího na obr. 7.1 jsou usazeny na sedadlo podle referenčního bodu sedadla (SRP), jehož poloha je znázorněna na obr. 7.2.

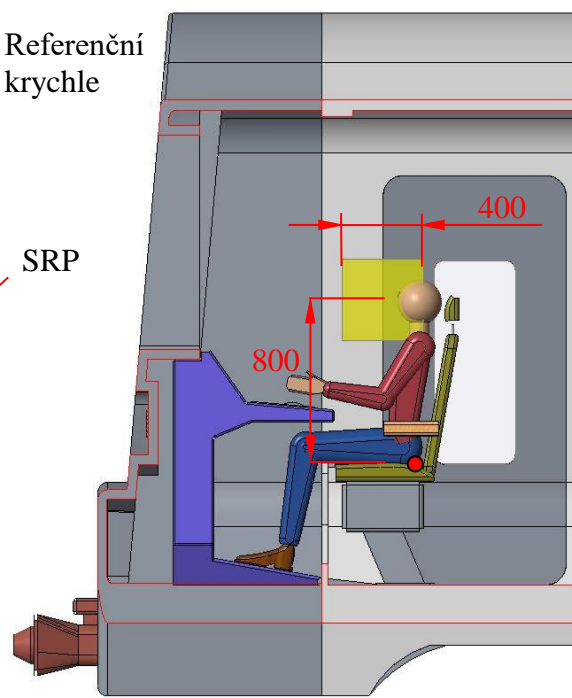


Obr. 7.2: Sedadlo strojvedoucího s vyznačeným referenčním bodem (SRP)

Sedadlo společně s postavou strojvedoucího na obr. 6.3 a 6.4 je následně umístěno v kabině čelního vozu příměstské jednotky dle referenčního bodu sedadla, který je odsazen 420 mm od nejbližší hrany desky řídicího pultu v podélné rovině vozidla dle normy EN 16186-1 obr. 2.8.



Obr. 7.3: Umístění sedadla s postavou malého strojvedoucího v kabině vozidla



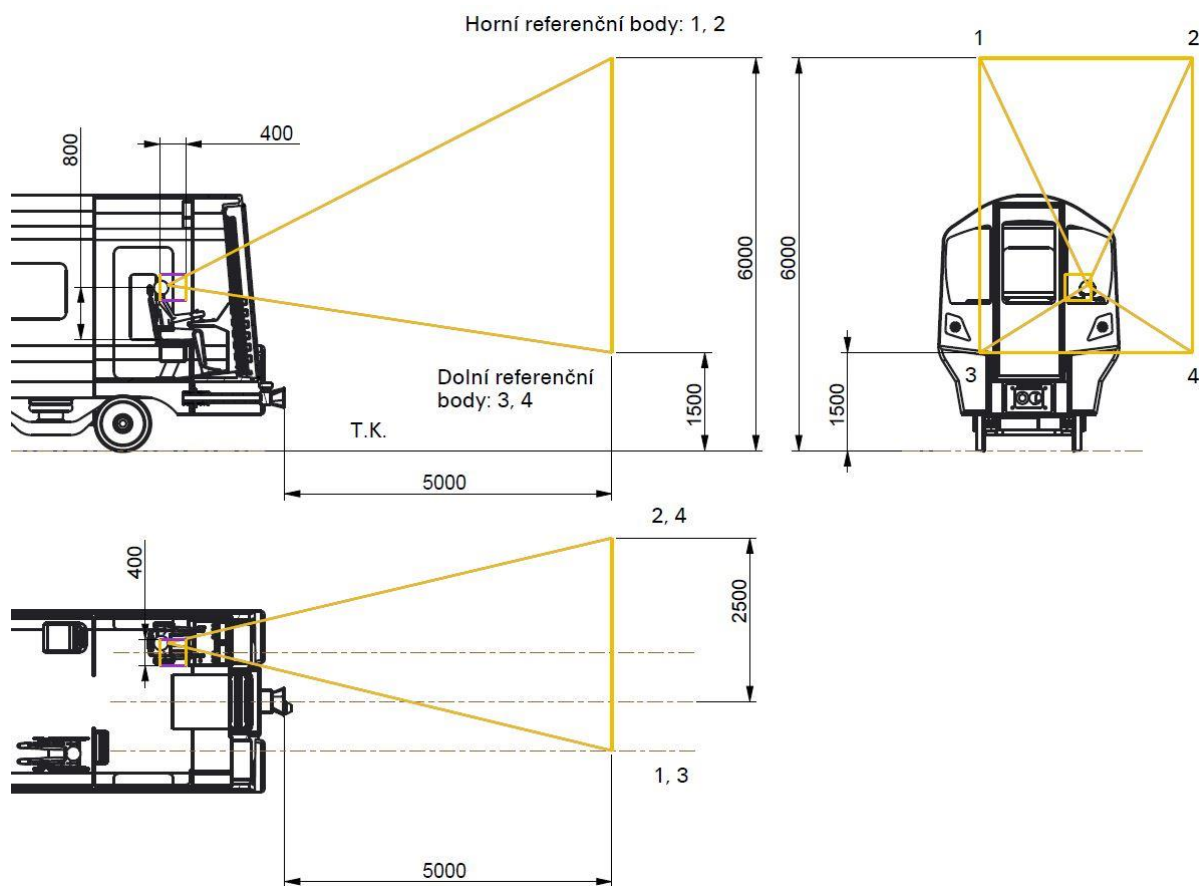
Obr. 7.4: Umístění sedadla s postavou velkého strojvedoucího v kabině vozidla

7.2 Čelní výhledové poměry

Oči obou postav strojvedoucího se nacházejí v tzv. referenční krychli s délkou hrany 400 mm, jejíž střed je umístěn 800 mm nad povrchem dosedací plochy sedadla (ne SRP) dle obr. 6.4. V rámci zajištění optimální polohy očí, a tedy i výhledových poměrů, jsou sedadlo i nožní opěrka polohovatelné ve svislém směru. Sedadlo je navíc polohovatelné i v podélném směru vozidla, aby byl zaručený dosah na všechny ovládací prvky řídicího pultu pro různé velikosti postavy strojvedoucího. Splnění čelních výhledových poměrů prokazuje náčrt výhledových linií (na obr. 6.5 vyznačeny žlutou barvou), které mají počátek v očním bodu⁴ a konec v jednom ze čtyřech referenčních bodů definovaných přesně dle normy pro výhledové poměry pro Velkou Británii a Irsko na obr. 2.9. Plochy mezi těmito liniemi dohromady tvoří obrazec, který svým tvarem připomíná jehlan. Aby byly výhledové poměry splněny, nesmí žádná z částí okenního otvoru či vybavení kabiny narušovat tento obrazec. Umístění nouzového

⁴ Oční bod nahrazuje obě oči strojvedoucího a nachází se uprostřed spojnice obou očí pro zjednodušení hodnocení výhledových poměrů tak, aby se nemusely vykreslovat výhledové obrazce pro každé oko zvlášť.

výstupu v čele vozidla nijak nebrání splnění výhledových poměrů. Naopak konstrukční řešení rampy a výklopné čelní dveře, které jsou opatřeny oknem usnadňují výhled z čela vozidla, který je znázorněn na obr. 7.5.



Obr. 7.5: Čelní výhledové poměry

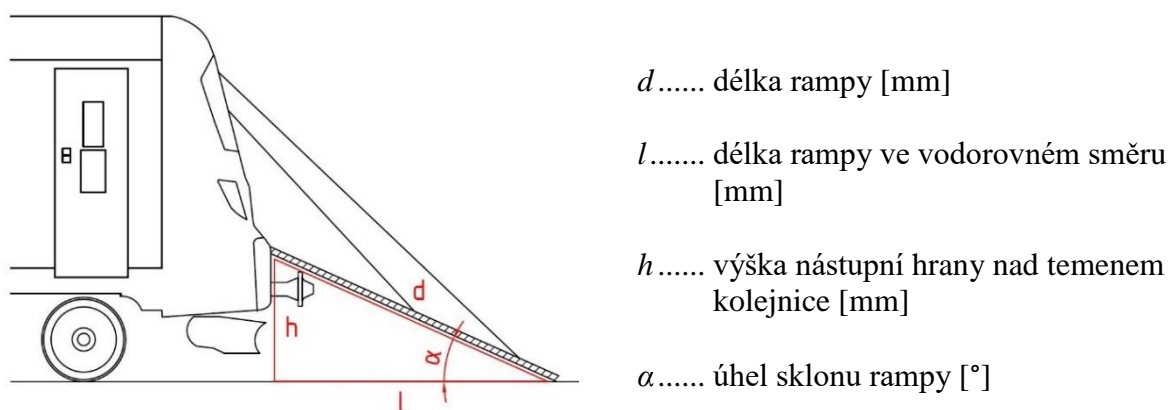
8. Posouzení možného konceptu rampy

8.1 Maximální sklon rampy nouzového čelního výstupu

Stanovení maximálního sklonu rampy je klíčovým parametrem z hlediska její délky, a tedy i celkové koncepce. Předpisů či metodik pro určení mezního sklonu existuje více, a proto je potřeba si zvolit takovou, při které bude rampa dosahovat přijatelné délky. Ve všech následujících výpočtech je uvažována nejkritičtější situace z pohledu vozičkáře, která může nastat. Vlak je nutné evakuovat, ve vlaku je osoba na invalidním vozíku, ve vlaku nejsou další osoby (personál vlaku, či ostatní cestující) schopné ji pomoci, tudíž je osoba na invalidním vozíku odkázána pouze sama na sebe.

8.1.1 TSI PRM

Hodnoty mezního sklonu uvedené v kapitole 2.1.2. Maximální sklon ramp v kolejových vozidel dle TSI PRM jsou pro návrh nouzového čelního výstupu nevhodné z důvodu přílišné délky rampy, kterou pro lepší představu uvádí následující příklad. Výška nástupní hrany h nad rovinou temene koleje je u řešení příměstské jednotky 1100 mm. Tímto i délka rampy d bude větší než 1000 mm, čemuž v tab. 2.2 odpovídá červeně zvýrazněná hodnota maximálního sklonu rampy $6,84^\circ$ (12%).



Obr. 8.1: Výpočet délky rampy při max. sklonu dle TSI PRM

$$d = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{1100}{\sin(6,84)} = 9\,236 \text{ mm}$$

$$l = \frac{h}{\tan \alpha} = \frac{1100}{\tan(6,84)} = 9\,170 \text{ mm}$$

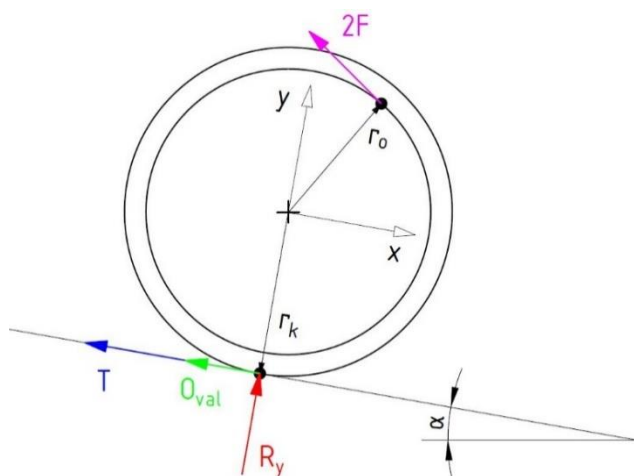
Při znalosti výšky nástupní hrany h nad temenem kolejnice a sklonu rampy lze podle obr. 8.1 snadno dopočítat délku rampy d , která v tomto případě dosahuje délky přes 9,2 metrů.

8.1.2 Human Factors and Ergonomics Design Handbook

Ergonomická příručka udává hodnoty síly v paži člověka v závislosti na odklonu od neutrální osy. Tato síla, resp. její dvojnásobek bude použit v momentové rovnováze, ze které se vypočítá mezní sklon rampy. Opět je uvažován nekritičtější případ, který může v dané situaci nastat. Osoba na invalidním vozíku bude ženského pohlaví a bude při brždění používat nejméně vhodnou pozici paží. Z tab. 2.3 bude proto vybrána hodnota 74 N pro jednu paži. Maximální hmotnost manuálního vozíku včetně uživatele je uvažována 200 kg dle TSI PRM.

Na obr. 8.2 je znázorněný zjednodušený model osoby na invalidním vozíku⁵ jedoucí po nakloněné rovině. Síla $2F$ představuje sílu v obou pažích při brždění, kterou vozičkář vyvíjí na poloměru obruče r_o , T je tečná síla vzniklá v kontaktu kolo – rampa působící na poloměru kola r_k . R_y je reakce normálové složky tíhy vozičkáře včetně vozíku a O_{val} představuje valivý odpor. Ten se s přirůstajícím sklonem mění jen nepatrně v jednotkách N, proto je jeho závislost na sklonu pro zjednodušení výpočtu zanedbána.

Velikost hnací síly urychlující pohyb vozičkáře na rampě je dána rovnicí



$$F_h = G \cdot \sin \alpha - (T + O_{val})$$

Mezní třecí síla, přenositelná
v kontaktu kol s rampou

$$T = R_y \cdot f = G \cdot \cos \alpha \cdot f$$

Velikost reakce v ose y

$$R_y = G \cdot \cos \alpha$$

Odpor valení kol vozíčku

$$O_{val} = G \cdot \cos \alpha \cdot 0,015 \approx G \cdot 0,015$$

Obr. 8.2: Zjednodušený model invalidního vozíku

⁵ V momentové rovnováze jsou uvedeny hodnoty poloměru kola a obruče pro manuální invalidní vozík Invacare – Action NG.

Momentová rovnováha ke středu kola:

$$(T - O_{val}) \cdot r_k = 2 \cdot F \cdot r_o$$

$$(G \cdot \sin \alpha - G \cdot 0,015) \cdot r_k = 2 \cdot F \cdot r_o$$

$$\sin \alpha = \frac{2 \cdot F \cdot r_o + G \cdot 0,015 \cdot r_k}{G \cdot r_k}$$

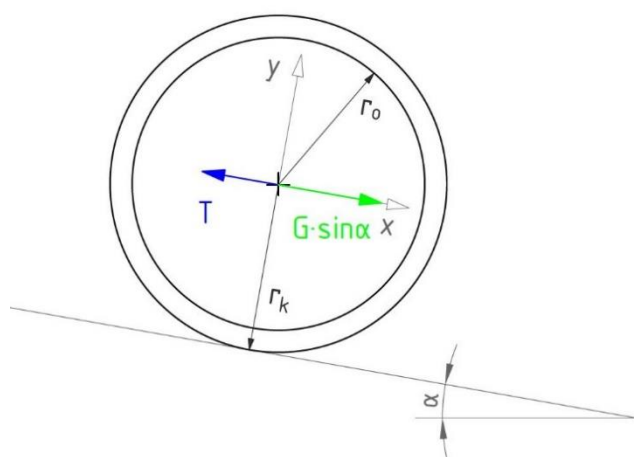
$$\alpha = \arcsin \left(\frac{2 \cdot 74 \cdot 0,265 + 1962 \cdot 0,015 \cdot 0,305}{1962 \cdot 0,305} \right) = 4,62^\circ$$

$$d = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{1100}{\sin(4,62)} = 12\,538 \text{ mm}$$

Sklon rampy odvozený od sil v pažích (bez použití korekce zmíněné v kap. 2.6) dle ergonomické příručky vyšel v porovnání s mezním sklonem daným TSI PRM ještě menší. To znamená, že pokud by měl vozíčkář bezpečně sjíždět dolů s minimální zrychlující silou, neměl by její úhel být větší než $4,7^\circ$. To vede na délku plošiny 12,5 m.

8.1.3 Maximální zrychlení vozíku na konci rampy

Tato metoda návrhu mezního sklonu rampy pramení z následující úvahy. Jelikož člověk není schopen při větších sklonech vyvinout dostatečný brzdný moment $M_b = 2 \cdot F \cdot r_o$ viz obr. 8.3, jak bylo prokázáno v předchozí části, nastane nerovnováha mezi silami T a $G \cdot \sin \alpha$. Síla $G \cdot \sin \alpha$ začne převyšovat sílu T a vozík se dá do pohybu, začne se urychlovat. Rozdíl těchto dvou sil je označen jako hnací síla F_h . Tato metoda je tedy založena na stanovení maximálního přípustného zrychlení působícího na vozíčkáře, při kterém mu nehrozí nebezpečí vzniku úrazu.



Z předchozí momentové rovnováhy:

$$(T - O_{val}) \cdot r_k = 2 \cdot F \cdot r_o \rightarrow T$$

$$T = \frac{2 \cdot F \cdot r_o}{r_k} + O_{val}$$

$$F_h = G \cdot \sin \alpha - T = m_{red} \cdot a_x$$

$$m_{red} \approx m$$

Obr. 8.3: Silová rovnováha ke středu kola

$$F_h = m \cdot a_x = G \cdot \sin \alpha - \frac{2 \cdot F \cdot r_o}{r_k} - O_{val} = G \cdot \sin \alpha - \frac{2 \cdot F \cdot r_o}{r_k} - G \cdot 0,015$$

$$\sin \alpha = \frac{m \cdot a_x + \frac{2 \cdot F \cdot r_o}{r_k} + G \cdot 0,015}{G} \rightarrow \alpha = \arcsin \left(\frac{m \cdot a_x + \frac{2 \cdot F \cdot r_o}{r_k} + G \cdot 0,015}{G} \right)$$

Při znalosti sklonu rampy α lze jako v předchozí kapitole vypočítat délku rampy d . Ze vztahu

$$d = \frac{h}{\sin \alpha}$$

pro rovnoměrně zrychlený pohyb se vyjádří čas t , který se následně dosadí do vztahu pro

$$d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a_x}}$$

výpočet rychlosti vozíčkáře na konci rampy v_x .

$$v_x = a_x \cdot t$$

	a_x [m/s ²]					
	0,1	0,5	1	1,5	2	2,5
α [°]	5,21	7,56	10,51	13,50	16,52	19,60
d [m]	13,23	9,12	6,58	5,14	4,22	3,58
v_x [m/s]	1,63	3,02	3,63	3,93	4,11	4,23
v_x [km/h]	5,85	10,87	13,06	14,14	14,79	15,23

Tab. 8.1: Veličiny vypočítané z mezního zrychlení vozíku na konci rampy

V tab. 8.1 jsou uvedeny veličiny, vypočítané při zvolené hodnotě zrychlení. Délky ramp, které vycházejí ze zrychlení 1,5 m/s² a více jsou již přijatelné, nicméně opravdová mezní hodnota zrychlení invalidního vozíku, při které nedojde k úrazu, není obecně známa. Musela by se provést série pokusů, která by tuto hodnotu stanovila.

8.1.4 Vyhodnocení a zvolení metody pro určení mezního sklonu a délky rampy

Délky ramp vypočítané dle TSI PRM a ergonomické příručky nejsou pro aplikaci nouzového čelního výstupu vhodné. Z toho důvodu byla zvolena metoda výpočtu délky rampy ze zrychlení vozíku na konci rampy.

9. Konstrukční řešení čelního nouzového výstupu

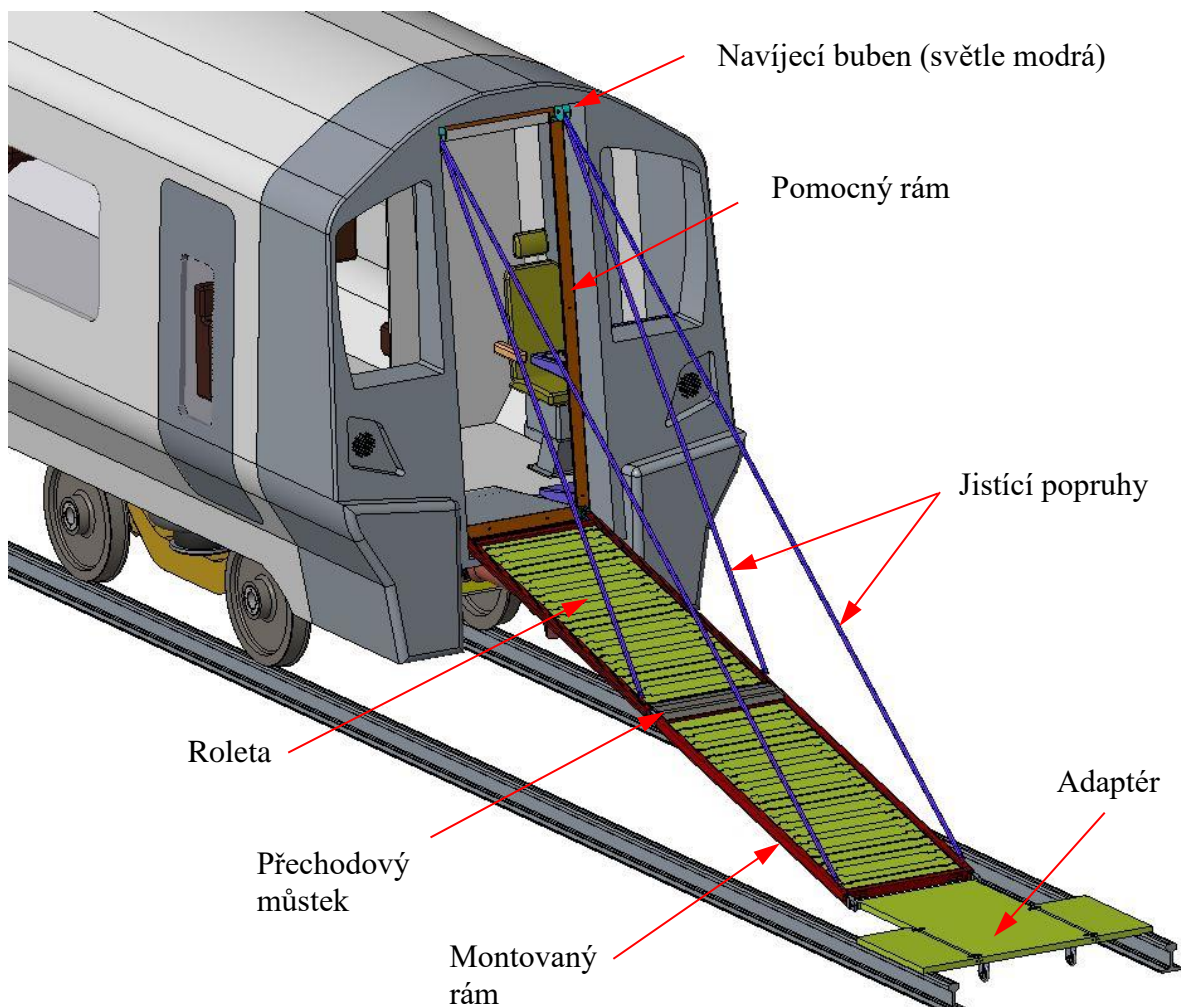
Nouzový čelní výstup je řešen jako skládací rampa, která je tvořena dvěma montovanými rámy. Ty jsou spojeny přibližně uprostřed celkové délky dvěma čepy. Uvnitř každého rámu se nachází poskládané segmenty, které při rozevírání rampy vytvoří souvislou pochozí plochu, viz obr. 9.1. Sestava rampy je nejprve uchycena do pomocného rámu, který je následně přišroubován, do hrubé stavby čela vozidla. Mechanismus se vyklápí směrem vpřed a dolů okolo dvou otočných kloubů, které jsou připevněny k výše zmíněnému pomocnému rámu. Rampa je ukotvena do čela vozidla pomocí jisticích lan, která v otevřeném stavu udávají finální polohu rampy a zároveň přispívají ke zlepšení mechanických vlastností, zejména ohybové tuhosti vyklopené části.

9.1 Technické požadavky na konstrukční řešení

- Hlavním požadavkem na návrh nouzového čelního výstupu je zajištění funkčnosti nezávisle na dodávce energií (el. proud, stlačený vzduch atd.). To se týká nejen samotného rozložení rampy, ale i otevření čelního víka a aktivace celého mechanismu. Konstrukce je proto navržena pouze pomocí mechanických prvků. Zpětné složení po evakuaci celé jednotky provede obsluha.
- V uzavřeném i otevřeném stavu nesmí žádná část dveřního mechanismu přesahovat statický obrys vozidla.
- V závislosti na umístění nouzového výstupu na čele vozidla, které je nejvíce vystaveno vnějším vlivům musí být splněna odolnost vůči vlhkosti, dešti, účinkům mycí vody, prachu a dalším.
- Musí být minimalizován prostup tepla do vozu i z vozu.
- Musí být zajištěna požadovaná neprůzvučnost dveří.
- Zajištění dlouhodobé stálosti funkce.
- Musí být zajištěna bezpečnost cestujících a při provozu vozidla (nouzové otevírání)
- Dveře nesmí umožnit trainsurfing tzn. jízda nepovolaných osob vně vozidla.
- Dveře musí mít ovládací zařízení umístěné vně vozidla, které umožní vstup záchranných složek do vozu.
- Při návrhu uchycení rampy do hrubé stavby čela vozidla je nutno uvažovat toleranční rozsah způsobený nepřesnostmi při výrobě skříně vozidla.
- Při konstrukci musí být použito nehořlavých materiálů dle normy EN 45545, splňujících certifikaci alespoň HL – 2 (hazard level).

9.2 Navrhnuté konstrukční řešení rampy

Na obr. 9.1 je zobrazen celkový pohled na sestavu evakuačního výstupu ve stavu pro evakuaci Train to Track.

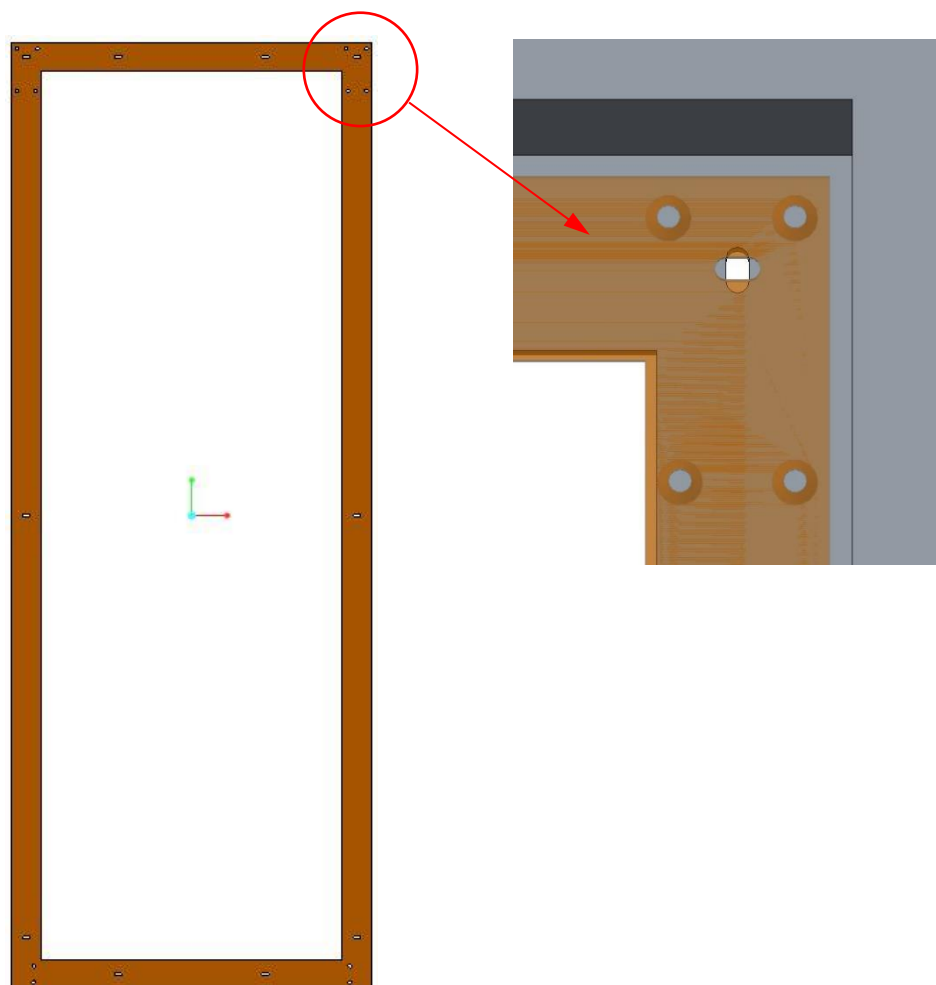


Obr. 9.1: Nouzový čelní výstup v rozloženém stavu

9.2.1 Pomocný rám a uchycení rampy k pomocnému rámu

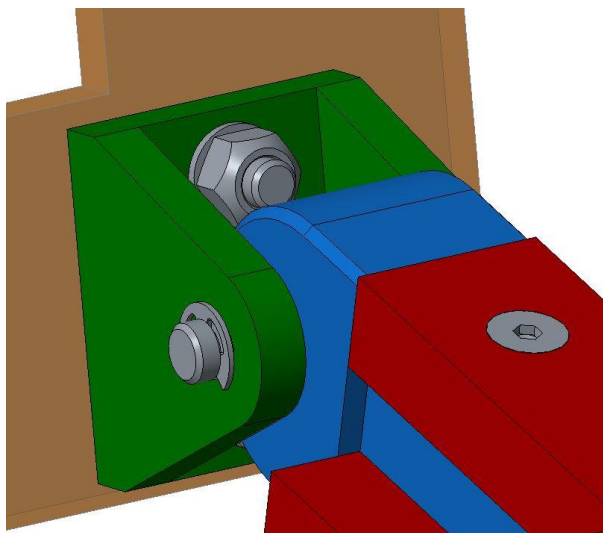
Pomocný rám tvoří rozhraní mezi hrubou stavbou čela vozidla vlastními montážními prvky rampy. Rám má obdélníkový tvar, který kopíruje vstupní otvor v čele vozidla. Je svařen z obdélníkových ocelových válcovaných profilů o vnějších rozměrech 80 x 10 mm z materiálu S 235 JR (11 375). Z důvodů velkého rozsahu tolerancí hrubé stavby čela vozidla jsou, jak v rámu, tak v hrubé stavbě čela skříně vyfrézovány oválné díry o délce 20 mm, které jsou na sebe kolmé viz obr. 9.2. To zaručuje, smontovatelnost sériově vyrobených dílů a tím i splnění

jednoho z požadavků na konstrukční řešení. Otvor v čele vozidla je větší než pomocný rám, a tudíž umožňuje pohyb v rámci tolerancí. Pomocný rám je uchycen k čelu vozidla pomocí deseti šroubů M10 x 50 s podložkami z obou stran a samojistných matic.



Obr. 9.2: Pomocný rám a detail lícujících oválných děr při upevnění pomocného rámu k hrubé stavbě

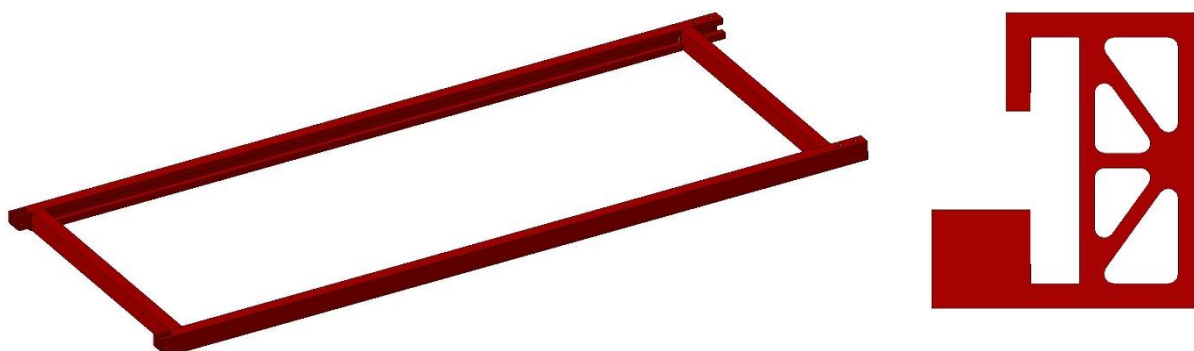
Celá konstrukce rampy se vyklápí okolo dvojice otočných kloubů nacházejících se v dolní části pomocného rámu. Tyto klouby (na obr 9.3, zeleně) jsou k rámu připevněny pomocí dvou šroubů M10 x 30 se zapuštěnou hlavou, podložkou a samojistnou maticí. Ocelový trn vsazený do podélného profilu rámu rampy je otočně upevněn v kloubu čepem o průměru 12 mm. Tento čep je proti axiálnímu posuvu zajištěn pojistným třmenovým kroužkem. Ocelový trn je na jedné straně uložen s vůlí na čepu a na druhé straně vsazen do podélného profilu rampy do hloubky 100 mm. Vnitřní struktura profilu je odfrézována do této hloubky. Trn je zajištěn dvěma šrouby M8 x 55 se zápusťnou hlavou. Šroub je zašroubován přímo do podélného profilu. Trn i nepohyblivá část kloubu jsou navrhnuty z oceli.



Obr. 9.3: Otočný kloub rampy

9.2.2 Nosná konstrukce rampy

Celá nosná konstrukce rampy se skládá ze dvou hlavních ráků o různých vnějších rozměrech. První (myšleno ze směru čela vozidla) je smontovaný ze dvou podélných a dvou příčných profilů, které spolu tvoří konstrukci obdélníkového tvaru o vnějších rozměrech 2350 x 900 mm viz obr. 9.4. Obdélníkový rám je na obou koncích otočně uložen.

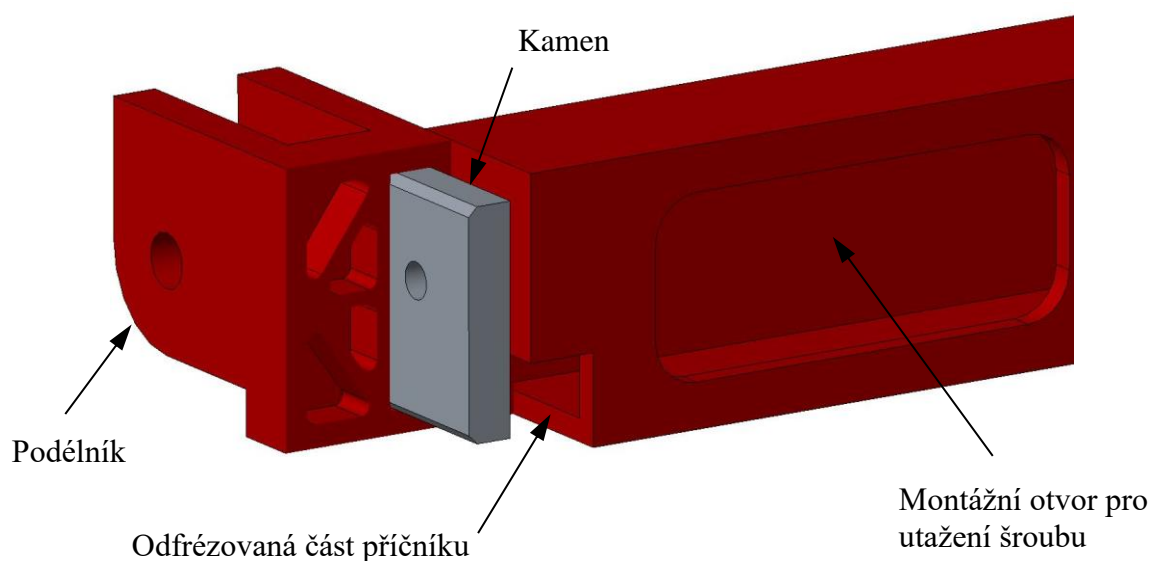


Obr. 9.4: První hlavní rám a průřez podélníku

Podélníky rámu jsou tvořeny profily ze slitiny hliníku, které jsou vyrobeny technologií protlačování. Průřez podélníku je patrný z obr. 9.4 vpravo.

Tvar podélného profilu byl navrhnout s ohledem na funkci, která bude popsána v dalších kapitolách. Vnitřní struktura je navržena na základě předpokládaného zatížení rampy, zejména k dosažení dostatečné tuhosti v ohybu, ale také redukce hmotnosti a dalších vlastností.

Příčnický jsou vyrobeny z obdélníkových válcovaných trubek ze slitiny hliníku o vnějších rozměrech 60 x 40 mm s tloušťkou stěny 5 mm na obr. 9.5. Oba konce příčnicku jsou zakončeny navařeným dnem, ve kterém je díra, skrze kterou prochází šroub s vnitřním šestihranem M8 x 20 mm (šroub není zobrazen). Montážní otvor pro utažení šroubu je v profilu vyfrézován. Šroub je zašroubován do ocelového kamenu, který svým tvarem vyplňuje díru v podélníku. Utažením šroubu vznikne svěrný spoj, který zajišťuje polohu příčnicku a tím tvar celého rámu. Funkce odfrézované části příčnicku bude popsána v dalších kapitolách.



Obr. 9.5: Detail napojení příčnicku na podélník

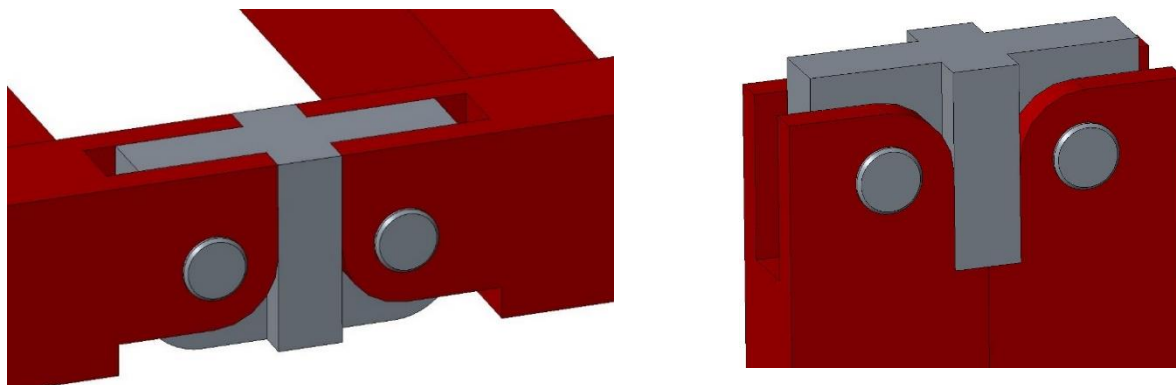
9.2.3 Odlišnosti prvního a druhého rámu

První rám se od druhého liší především délkou podélníků. Druhý rám je kratší o 55 mm. Další odlišnost spočívá v zakončení jednotlivých podélníků obou částí rampy. Podélníky prvního rámu jsou připojeny k pomocnému rámu pomocí ocelových trnů a na vzdálenějším konci jsou zakončeny klouby. Podélníky druhé části rampy jsou na obou koncích zakončeny klouby.

9.2.4 Spojení obou hlavních rámu rampy

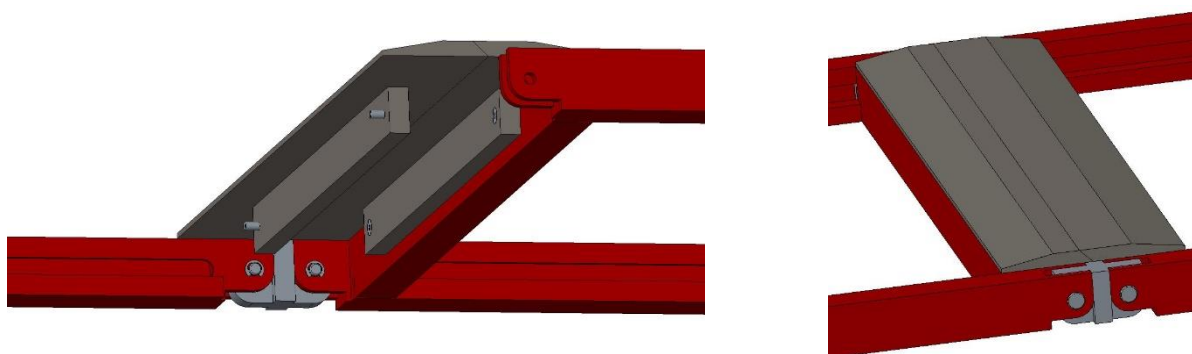
Spojení obou hlavních rámu je realizováno vloženým dílem, který umožňuje otočení rámu vůči sobě o 180° tak aniž by vznikla jejich vzájemná kolize. Oba podélníky každého rámu jsou uloženy v čepech o průměru 12 mm a zajištěny pojistným třmenovým kroužkem. Čepy jsou ve vloženém dílu uloženy s vůlí.

Z obr. 9.6 je patrné, že vložený kus byl navrhnut tak, aby svým tvarem neumožňoval propad rampy v otevřené poloze v místě spoje.



Obr. 9.6: Detail spojení obou hlavních ráků v otevřeném a zavřeném stavu rampy

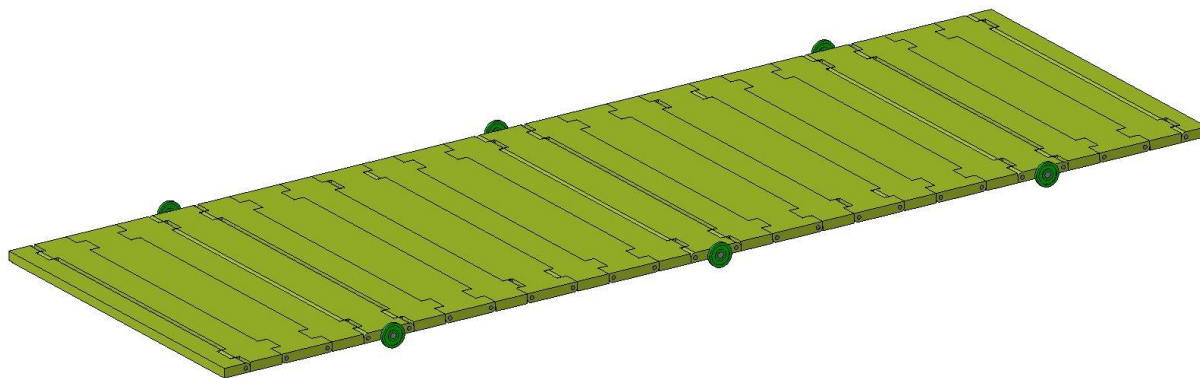
Mezi sousedními příčnický obou hlavních ráků je volné místo potřebné pro otáčení rampy. Toto místo by komplikovalo evakuaci cestujících, a proto je překlenuto přechodovým můstkem na obr. 9.7. Tento můstek je tvořen dvěma díly, které se v rozloženém stavu rampy překrývají a tvoří tak jeden celek. Výškový rozdíl mezi nejvyšším místem můstku a pochozí plochou je 35 mm tudíž je splněn požadavek TSI na nejvyšší možnou překážku vysokou 50 mm, kterou lze překonat na invalidním vozíku. Přechodový můstek je vyroben z materiálu s firemním označením Etronit-M Alunit, který je kombinací vysokotlakého laminátu s přísávkou hliníku. Mezi jeho hlavní výhody patří nízká hmotnost, vysoká pevnost a požární odolnost. Tento materiál splňuje požadavky na požární odolnost dle EN 45 545 HL-2 (Hazard Level 2), což dokládá certifikát nacházející se v příloze. V kolejových vozidlech se používá v oblasti interiéru (pultové desky, stropy, sandwichové izolační panely). Obě části krytu jsou přišroubovány k příčnickům hlavních ráků rampy šrouby se zápusťnou hlavou M8 x 30.



Obr. 9.7: Přechodový můstek mezi první a druhou částí rampy

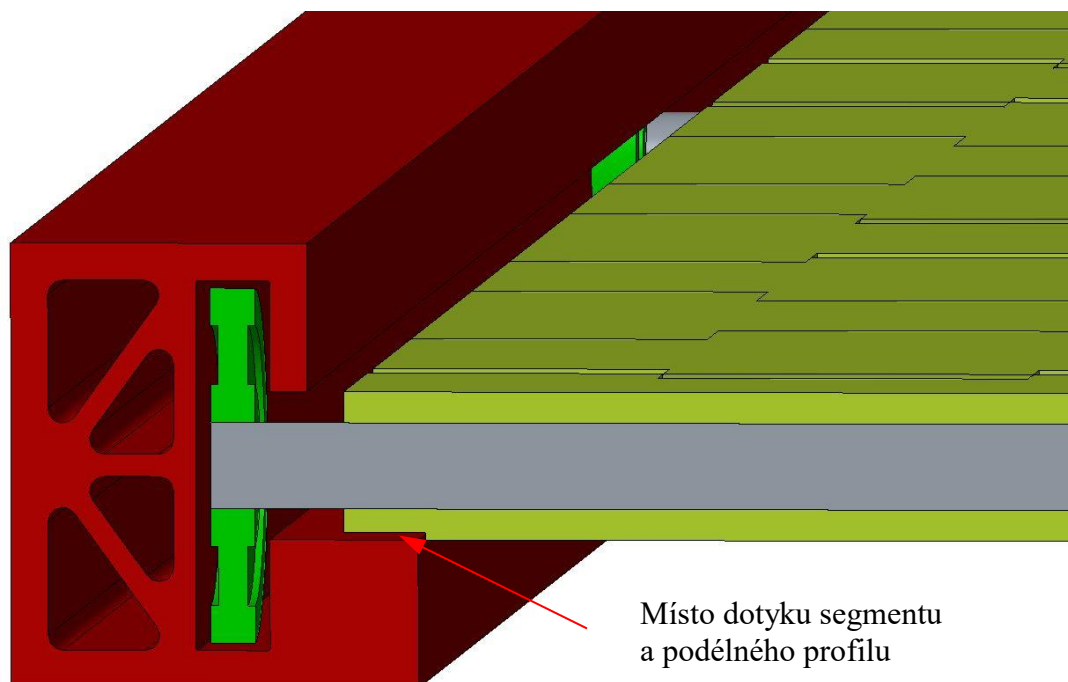
9.2.5 Pochozí plocha rampy

Pochozí plochu obou částí rampy tvoří soustava jednotlivých segmentů, které do sebe vzájemně zapadají. V rozloženém stavu tvoří souvislou rovnou plochu viz obr. 9.8. Jednotlivé díly jsou spojeny osami o průměru 8 mm. Jelikož jsou oba hlavní rámy různě dlouhé liší se i délka pochozích ploch. U první části rampy je délka podlahy 2115 mm, u druhé 2215 mm, šířka je u obou částí stejná.



Obr. 9.8: Pochozí plocha jedné části rampy

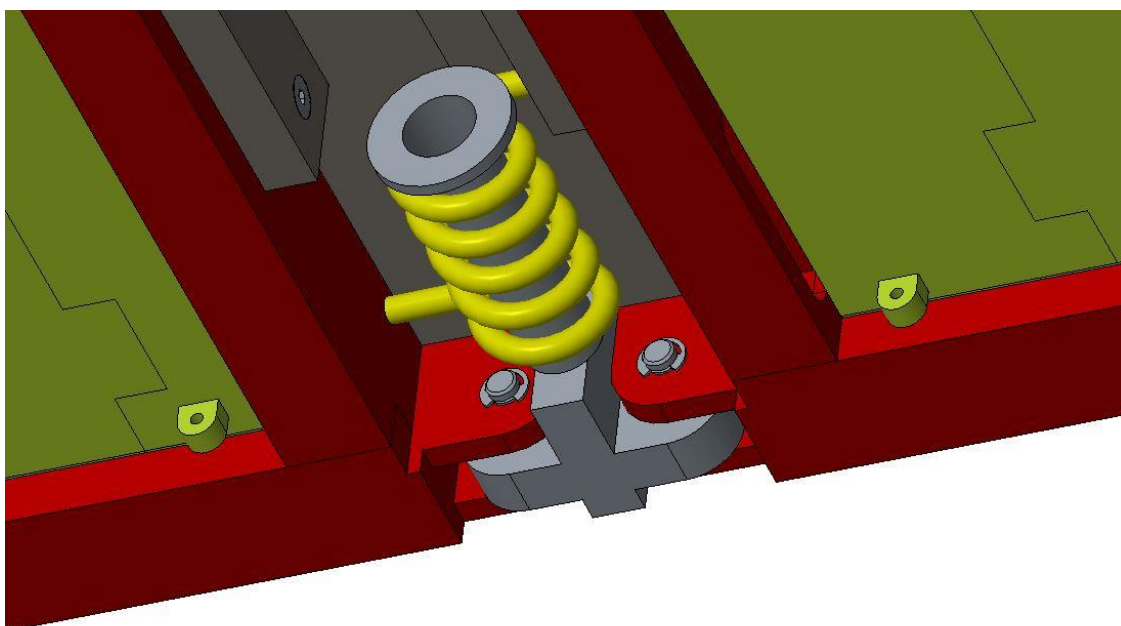
Lineární vedení segmentů je zajištěno pomocí valivého uložení viz obr. 9.8 a 9.9. V každé z obou částí podlah se proto nacházejí tři segmenty, kterými prochází osa o průměru 10 mm. Osa je na konci opatřena kuličkovými valivými ložisky SKF 61901 2Z, která jsou vsazena v drážce výše zmíněného podélného profilu. Ložiska jsou na obr. 9.8 a 9.9 schematicky znázorněna tmavě zelenou barvou. Princip rozložení podlahy bude popsán v dalších kapitolách. Jednotlivé segmenty se na bocích dotýkají okrajové plochy podélného profilu pod nimi. Zatížení ložisek a os od evakuovaných cestujících je tím pádem sníženo na minimum. Segmenty rampy jsou vyrobeny ze stejného materiálu jako přechodový můstek.



Obr. 9.9: Řez valivým uložením

9.2.6 Zkrutné pružiny

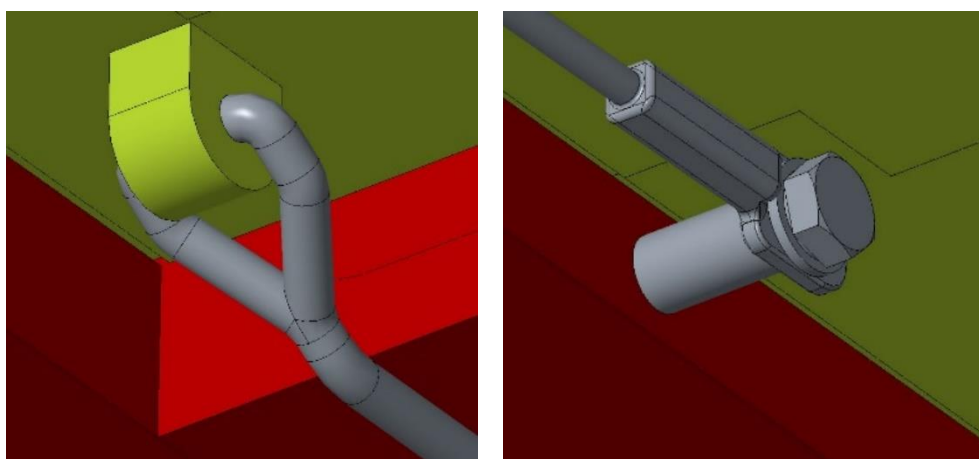
Jako iniciační prvek pro rozložení rampy je zvolena zkrutná pružina s průměrem drátu 10 mm viz obr. 9.10. Pružina je vedena na trubkovém pouzdře, které je přišroubováno na vloženém kusu mezi oběma částmi rampy. Každý konec pružiny působí vždy na jeden příčník nacházející se ve středu rampy, kde je pro ni vytvořen otvor.



Obr. 9.10: Uložení zkrutné pružiny

9.2.7 Popis mechanismu pro roztažení rolet

Podle požadavků na konstrukční řešení bez vnější dodávky energie je nutné využít k roztažení segmentů kombinaci energie akumulované ve zkrutných pružinách a účinek tíhové síly působící na rám při rozevírání. Z toho důvodu je na koncovém segmentu každé z rolet závěs, který slouží k upevnění ocelového lana, jak je znázorněno na obr. 9.10 a 9.11. Druhý konec lana je upevněn k protějším podélnému profilu. Lana nejsou v zavřeném stavu napnuta.



Smyčka

Oko

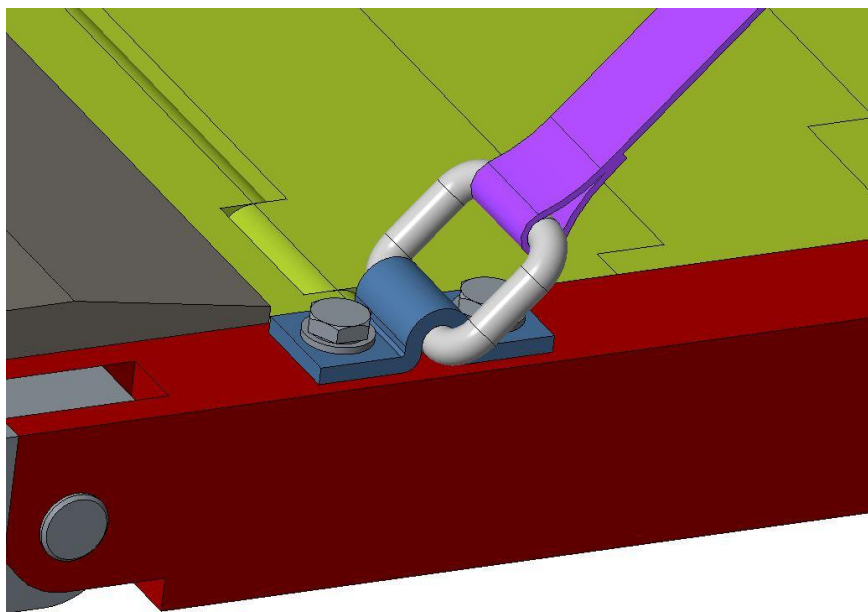
Obr. 9.11: Zakončení obou konců lana

Ocelové lano je uvažováno šestipramenné, na jedné straně ukončené smyčkou, na druhé straně nalisovaným okem s dírou pro šroub viz obr 9.11. Smyčka bude provlečena otvorem v posledním segmentu rolety a lisované oko bude zašroubované do protilehlého podélníku.

9.2.8 Jistící závěsy

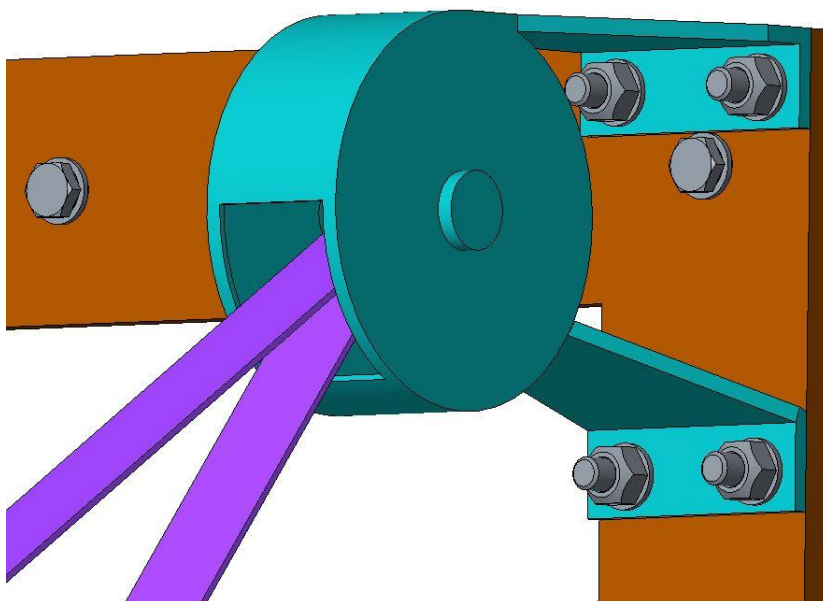
Jistící závěsy jsou provedeny ve formě textilních popruhů. Tyto jistící prvky jsou na jedné straně uchyceny do podélníků obou hlavních rámu rampy a na druhé straně jsou připevněny do pomocného rámu. Jistící popruhy slouží jako podpěrný prvek pro zlepšení nejen dynamické stability, ale i ohybové tuhosti celé konstrukce.

Závěs na obr. 9.12 se skládá z ocelového oka a třmenu, který je k podélníku přišroubovaný dvěma šrouby M10 s podložkou.



Obr. 9.12: Ukotvení jistícího popruhu do podélníku

Jistící popruh je v horní části pomocného rámu uchycen do navíjecího bubnu schematicky znázorněného na obr. 9.13. Tento buben je k pomocnému rámu připevněn pomocí čtyř šroubů se zápustnou hlavou na jedné straně a na druhé pojištěn samojistnou maticí a podložkou. Po vytažení popruhu z bubnu dojde k jeho zablokování v mezipoloze, a teprve až po odjištění se popruh vysune do své maximální délky.

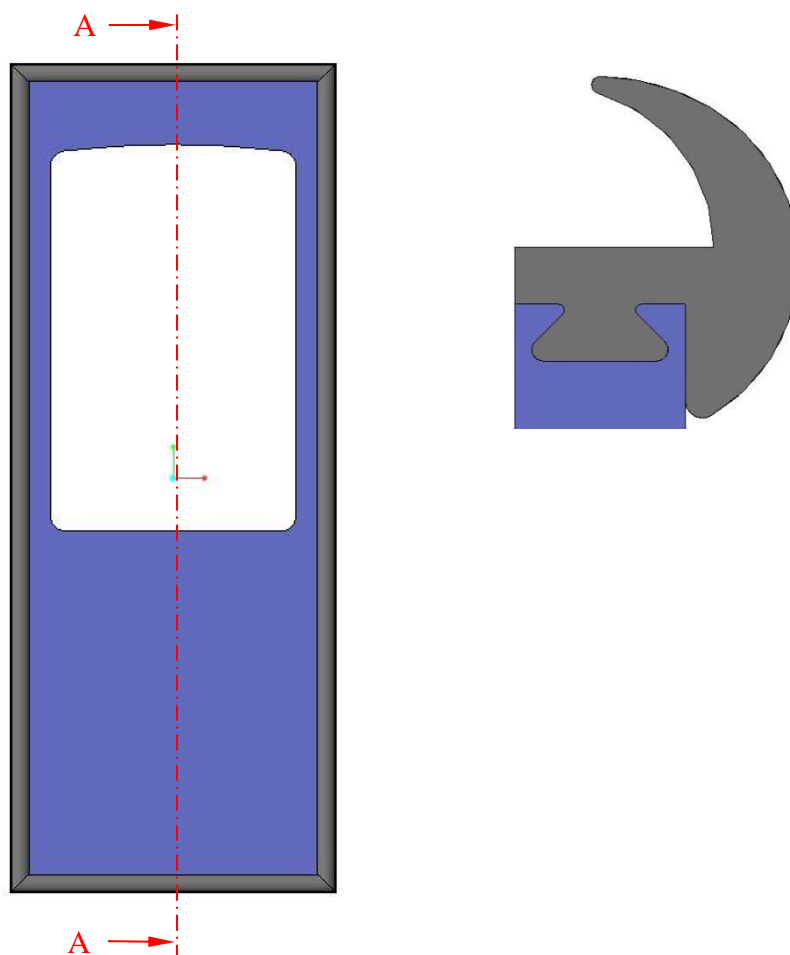


Obr. 9.13: Ukotvení jistícího popruhu v navíjecím bubnu

V této práci není popisována konstrukce navíjecího bubnu, protože je uvažován jeho nákup od externího dodavatele.

9.2.9 Čelní dveře

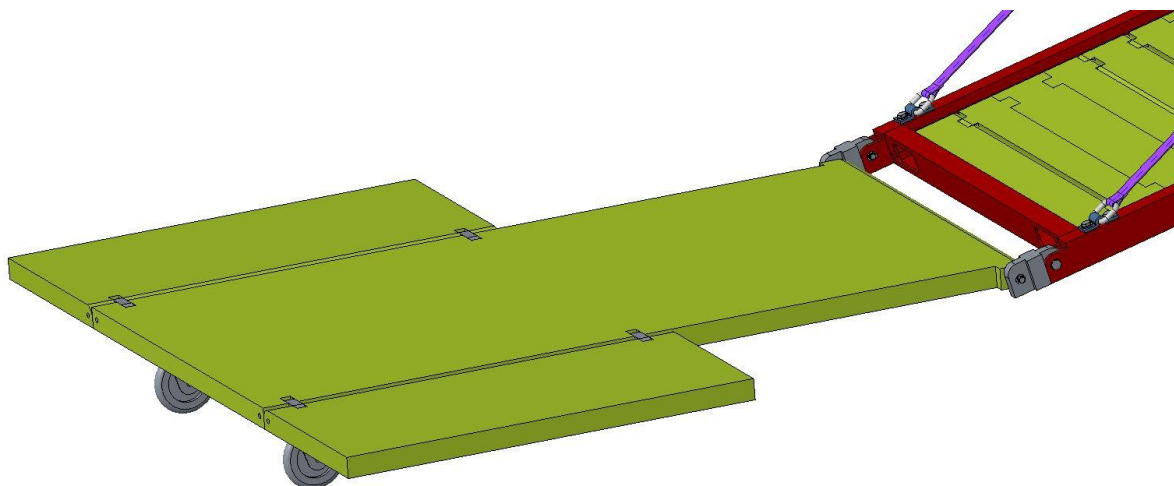
Nouzový evakuační výstup je zakryt čelními dveřmi, které po odjištění vypadnou do kolejiště. Tyto dveře jsou po celém svém obvodu zatěsnění gumovým jazýčkovým těsněním s profilem na obr. 9.14. Toto těsnění zajišťuje odolnost proti vnějším vlivům.



Obr. 9.14: Profil jazýčkového gumového těsnění

9.2.10 Adaptér

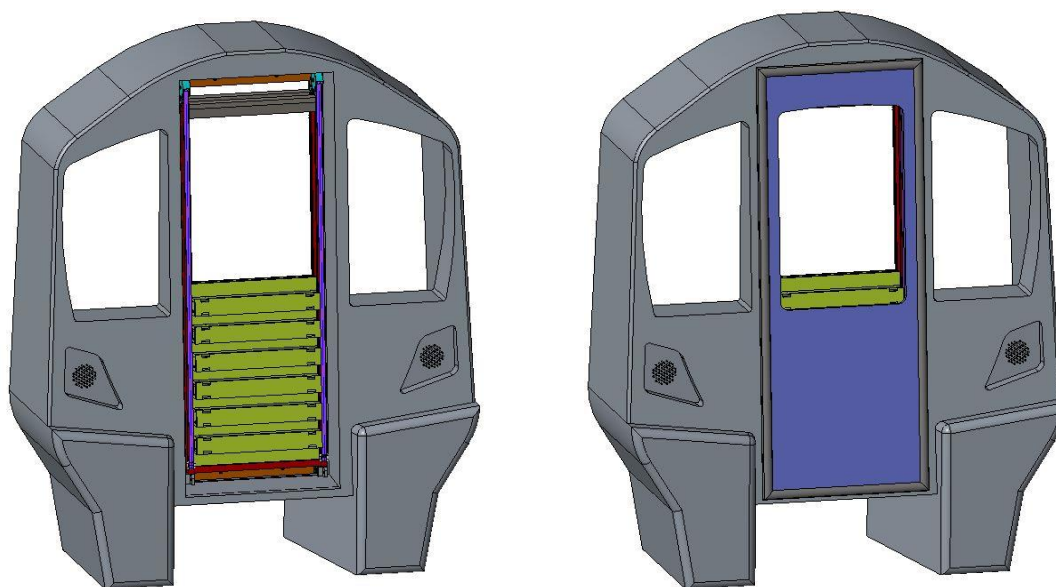
Hlavní část adaptéru rampy deska o vnějších rozměrech 840 x 1500 mm. Ta je k rámu rampy připojena stejnými klouby jako jsou spojeny oba hlavní rámy viz obr. 9.15. Mezera vzniklá mezi rampou a adaptérem je menší než největší meze povolná normou. Zespod je deska podepřena dvěma polohovatelnými kolečky, které se dotýkají pražců. Na bocích jsou dvě menší výklopné desky, které slouží k překonání kolejnic. Ve složeném stavu je adaptér opřen o složené rolety. Adaptér je vyroben ze stejného materiálu jako přechodový můstek a segmenty rolety.



Obr. 9.15: Adaptér v rozloženém stavu

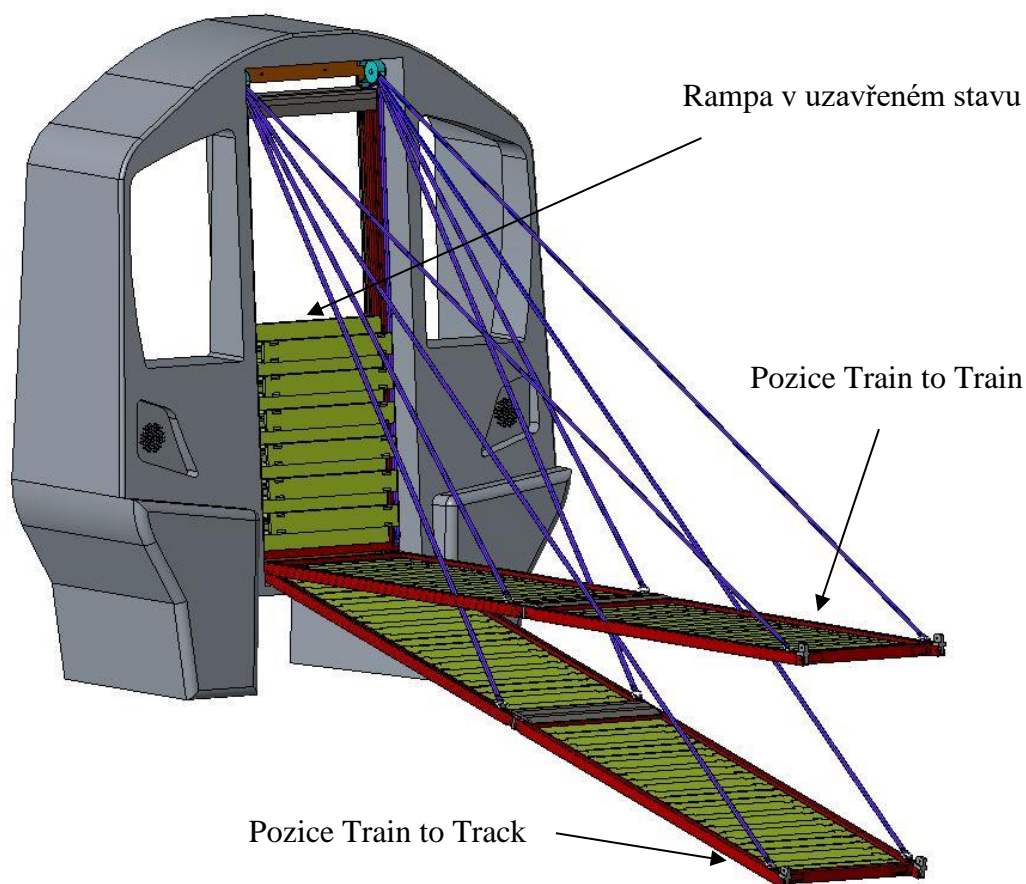
9.3 Popis funkce evakuačního výstupu

Po nouzovém zastavení jednotky je zapotřebí aktivovat spouštěcí mechanismus nouzového čelního výstupu, čímž dojde k uvolnění západek. Po jejich odjištění dojde k otevření čelních dveří, které vypadnou do kolejiště. Čelní dveře zajišťují rampu v uzavřené poloze viz obr. 9.16. Po jejich otevření se začne hlavní rám rampy samovolně otevírat vlivem předpětí zkrutných pružin.



Obr. 9.16: Nouzový čelní výstup v uzavřené poloze bez čelních dveří a s dveřmi

S postupným rozevíráním obou ramen rampy dojde k napnutí lan popsanych v kap. 9.2.7. a rozkládání rolet, které tvoří pochozí plochu rampy. Lana jsou navržena tak, aby zajistila plné roztažení rolet při rozloženém stavu rampy, jak pro evakuaci Train to Train, tak Train to Track. Rampa se nejprve otevře do vodorovné polohy tak, aby byla umožněna evakuace Train to Train. Po následném uvolnění bubnů s jisticími popruhy, dojde k dalšímu vyklopení do šikmé polohy pro evakuaci Train to Track. Popruhy jsou v uzavřeném stavu uvolněny a mají pro první a druhý hlavní rám různou délku.



Obr. 9.17: Pozice rampy

Jako volitelné příslušenství je možné rampu doplnit o adaptér, který umožňuje evakuaci Train to Track v oblastech, kde není vybetonovaný prostor mezi kolejnicemi. Hlavní funkcí adapteru je umožnění vozičkáři opustit prostor mezi oběma kolejnicemi. Při evakuaci Train to Train zůstává adaptér v zavřeném stavu a evakuované osoby jej překonají. Při evakuaci Train to Track jej první vycházející osoba nejprve ručně otevře a poté následuje samotná evakuace ostatních osob z vlaku.

9.4 Praktická zkouška mezního sklonu rampy pomocí experimentu

Před započítím konstrukce byl z důvodu získání praktického náhledu na reálnou situaci při evakuaci čelem vozidla proveden experiment. K provedení experimentu byla použita rampa dlouhá 4 m. Povrch rampy byl tvořen hladkými dřevěnými deskami bez povrchové úpravy. Pro změnu sklonu rampy byl použit elektrický paletizační vozík. Evakuovaná osoba byla usazena na manuálním invalidním vozíku. Byly postupně testovány čtyři úrovně sklonu rampy viz tabulka 8.1. Průběh experimentu je zřejmý z videozáznamů přiložených k této práci.



Obr. 9.18: Praktická zkouška mezního sklonu rampy

Pořadí experimentu	1 (TSI)	2	3	4
Sklon rampy [°]	6,84	10	12,5	15
Výška nástupní hrany [mm]	605	816	1017	1216

Tab. 9.1: Hodnoty sklonu rampy při dané výšce nástupní hrany

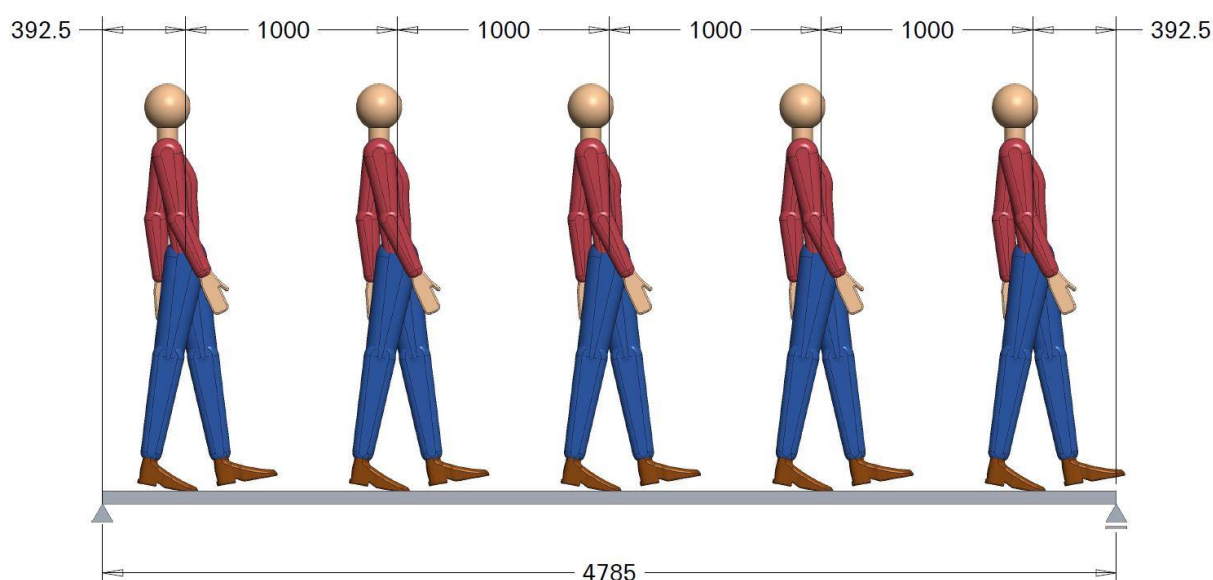
Při nastavení rampy na hodnotu $6,84^\circ$, která je stanovena jako maximální hodnota sklonu ramp v kolejových vozidlech dle TSI PRM, byl přejezd rampy naprosto bez problémů, bez větší fyzické zátěže. Při sklonu rampy 15° dochází při brždění vozíku oběma rukama ke smýkání kol (na testovaném povrchu bez pomoci doprovodu) a proto již není pohyb po rampě bezpečný. Z experimentu vyplynulo, že hodnota $12,5^\circ$ je mezní, nicméně důležitou roli zde hraje součinitel tření v kontaktu kola vozíku a povrchu rampy.

Evakuovaná osoba v tomto případě nebyla nijak pohybově omezena a neměla zkušenosti s jízdou na invalidním vozíku.

Tento pokus neslouží pro empirické určení mezního sklonu a dalších parametrů rampy, ale pouze jako praktický náhled na řešenou problematiku.

10. Pevnostní výpočet hlavních prvků

Výpočtu budou podrobeny oba podélníky hlavního nosného rámu v rozloženém stavu. Budou kontrolovány staticky na prostý ohyb. Pro výpočet je uvažována varianta Train to Train, protože je z hlediska namáhání kritičtější (síla od osoby nacházející se na rampě působí kolmo). Namáhaný nosník je uvažován jako jednodílný. Předpokládá se, že prostřední spojovací kus má vyšší tuhost než nosník samotný. Zatížení je vyvoláno od gravitační síly, kterou působí pět osob o hmotnosti 80 kg nacházejících se na rampě viz obr. 10.1, z toho vyplývá zatěžující síla $F = 800 \text{ N}$. Rozteč mezi osobami, resp. působícími silami je 1000 mm, vzdálenost první osoby od okraje nosníku je 392,5 mm. Podélníky jsou vyrobeny ze slitiny hliníku EN-AW 6061, dovolené napětí v ohybu $\sigma_{Do}=240\text{MPa}$



Obr. 10.1: Rozložení osob resp. zatěžujících sil na nosníku

10.1 Celkový ohybový moment

10.1.1 Výpočet reakcí

Dle obr. 10.2 jsou vypočteny dílčí reakce R_{A1} , R_{B1} pro první osobu (1.osoba – F_1) na nosíku o dvou podporách.

Silová rovnováha:

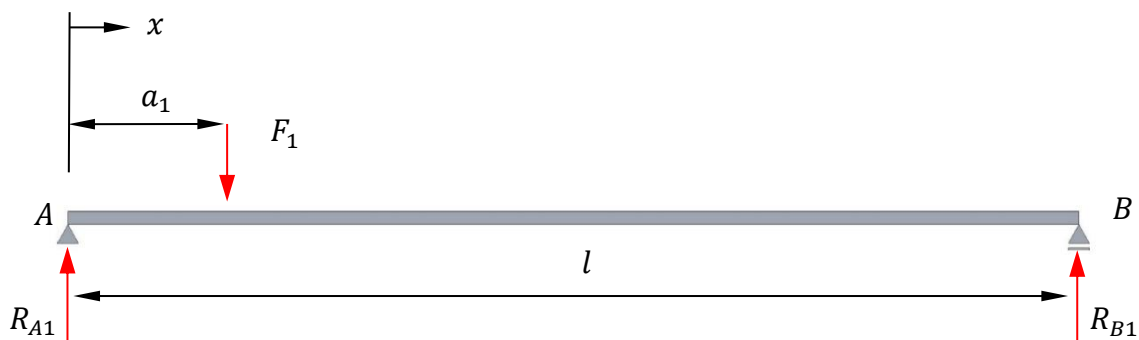
$$R_{A1} + R_{B1} = F_1$$

Momentová rovnováha k bodu A:

$$F_1 \cdot a_1 = R_{B1} \cdot l \rightarrow R_{B1} = F_1 \cdot \frac{a_1}{l} = 800 \cdot \frac{0,3925}{4,785} = 65,6 \text{ N}$$

Momentová rovnováha k bodu B:

$$R_{A1} = F_1 - R_{B1} = F_1 - F_1 \cdot \frac{a_1}{l} = F_1 \cdot \left(1 - \frac{a_1}{l}\right) = 800 \cdot \left(1 - \frac{0,3925}{4,785}\right) = 734,4 \text{ N}$$



Obr. 10.2: Výpočet reakcí při zatížení silou F_1

Pro ostatní osoby (2, 3, 4, 5) jsou dílčí reakce v podporách vypočteny v tab. 10.1.

	a_1 [m]	a_2 [m]	a_3 [m]	a_4 [m]	a_5 [m]
R_{A1} [N]	734,4				
R_{B1} [N]	65,6				
R_{A2} [N]		567,2			
R_{B2} [N]		232,8			
R_{A3} [N]			400,0		
R_{B3} [N]			400,0		
R_{A4} [N]				232,8	
R_{B4} [N]				567,2	
R_{A5} [N]					65,6
R_{B5} [N]					734,4

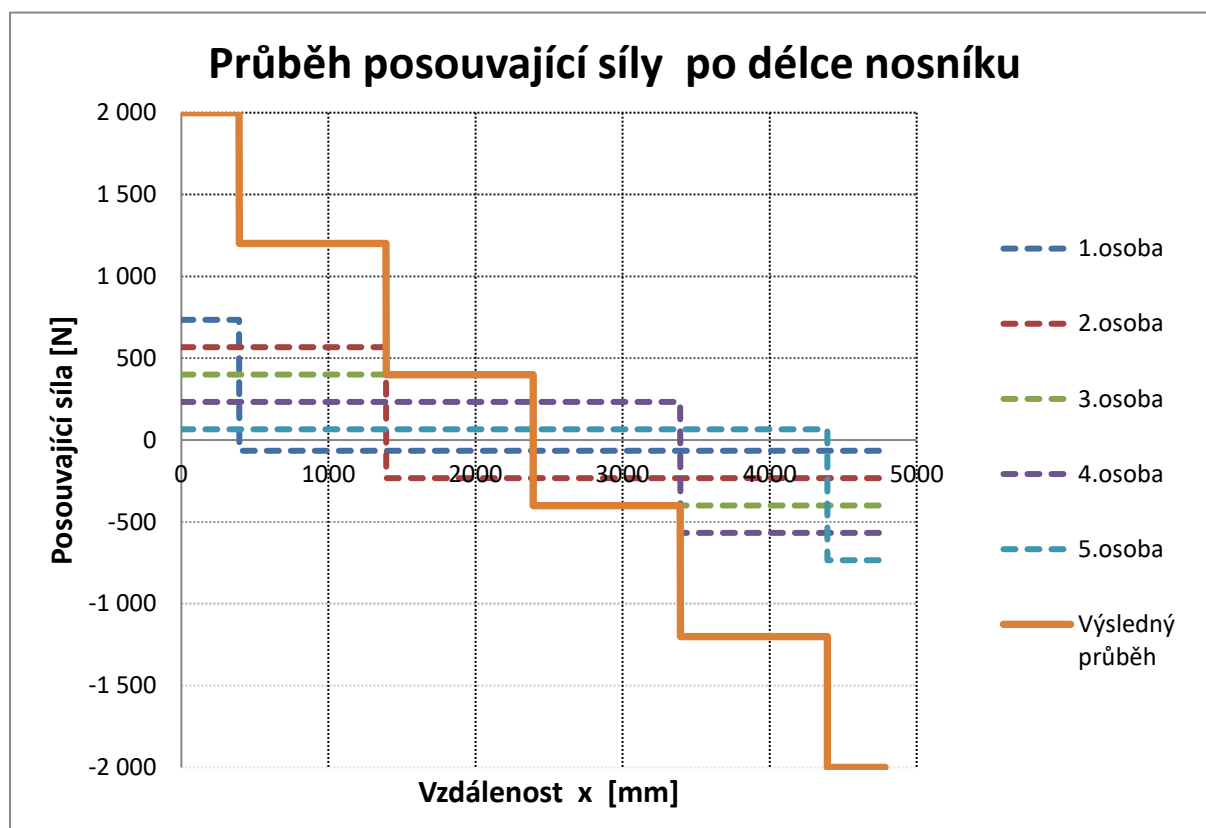
Tab. 10.1: Výpočet reakcí

Výsledná reakce v podporách nosného rámu od zatížení pěti osobami je dána součtem vypočtených dílčích reakcí

$$R_A = \sum_{k=1}^5 R_{Ak} = 734,4 + 567,2 + 400 + 232,8 + 65,5 = 2000 \text{ N}$$

$$R_B = \sum_{k=1}^5 R_{Bk} = 65,6 + 232,8 + 400 + 567,2 + 734,4 = 2000 \text{ N}$$

Průběh dílčích posouvajících sil $T_k = f(x)$ od účinků dílčích osob a jejich výsledný součet, tj. výsledný průběh po délce nosníku $T_C = f(x)$ dokumentuje následující obr. 10.3.



Obr. 10.3: Průběh posouvající síly po délce nosníku

10.1.2 Výpočet ohybového momentu

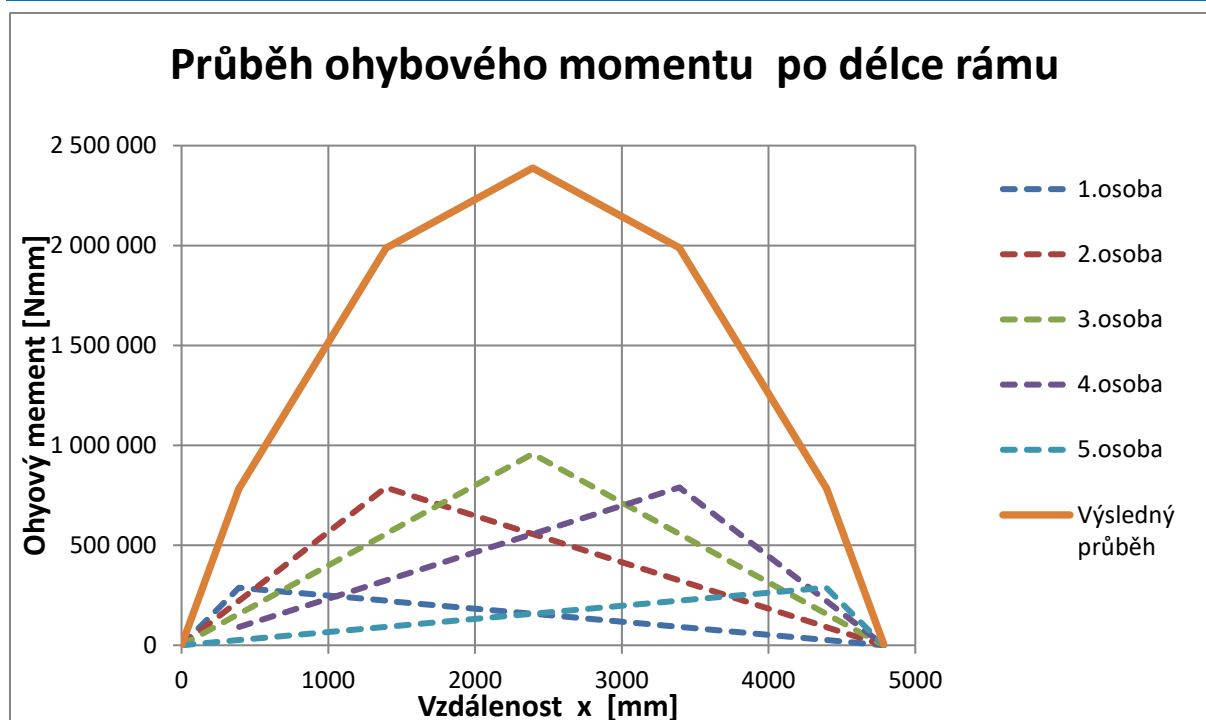
Dílčí maximální ohybový moment ve vzdálenosti a_1 od bodu A lze stanovit vztahem

$$M_{o1} = R_{A1} \cdot a_1 = 734,4 \cdot 0,3925 = 288,3 \text{ Nm}$$

Obdobně lze vyjádřit dílčí maximální ohybové momenty od jednotlivých osob

$$M_{ok} = R_{Ak} \cdot a_k \quad \text{pro } k = 1 \text{ až } 5$$

Průběh dílčích ohybových momentů $M_{ok} = f(x)$ od účinků dílčích osob a jejich výsledný součet, tj. výsledný průběh $M_{oC} = f(x)$ po délce nosníku dokumentuje následující obr. 10.4.

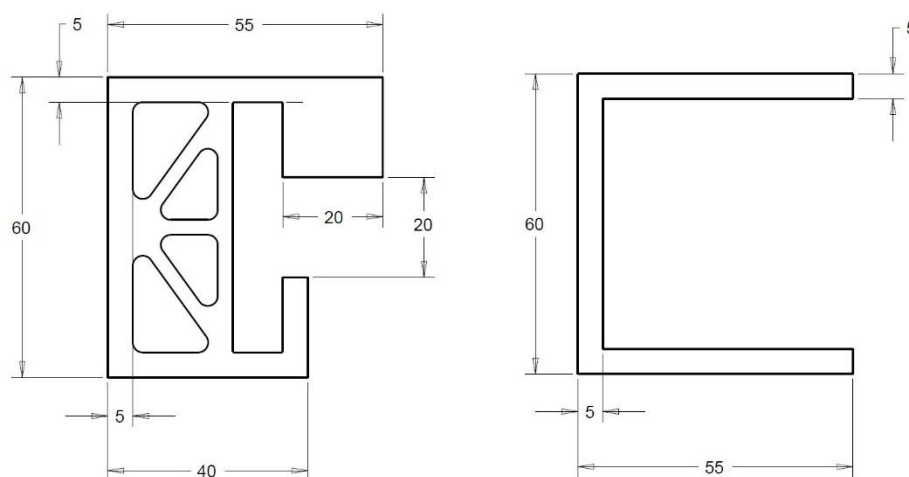


Obr. 10.4: Průběh ohybového momentu po délce rámu

Z vypočtených průběhů vyplývá maximální ohybový moment, působící uprostřed nosníku, který má hodnotu 2 387 393 Nmm.

10.2 Výpočet průřezového modulu v ohybu

Pro zjednodušení výpočtu průřezového modulu v ohybu je uvažováno nahrazení reálného profilu jednoduchým C-profillem o shodných vnějších rozměrech $B = 55 \text{ mm}$, $H = 60 \text{ mm}$ a vnitřních rozměrech $b = 50 \text{ mm}$ a $h = 50 \text{ mm}$. Na obr. 10.5 je zobrazen skutečný a zjednodušený profil.



Obr. 10.5: Skutečný profil (vlevo) a zjednodušený profil podélníků (vpravo)

Vzorec pro výpočet průřezového modulu v ohybu:

$$W_o = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{55 \cdot 60^3 - 50 \cdot 50^3}{6 \cdot 60} = 15\,639 \text{ mm}^3$$

10.3 Výpočet ohybového napětí v profilu

Ve výpočtu maximálního ohybového napětí je nutno počítat s polovičním momentem, jelikož rampa je tvořena dvěma podélníky.

$$\sigma_{o,max} = \frac{M_{o,max}}{2 \cdot W_o} = \frac{2\,387\,393}{2 \cdot 15\,639} = 76,33 \text{ MPa}$$

10.4 Kontrola dovoleného napětí

Maximální napětí vypočtené v předchozím vztahu je menší než dovolené napětí, tudíž navržená konstrukce s podélníky o zjednodušeném profilu vyhovuje s koeficientem bezpečnosti $k = 3,14$.

Výpočet bezpečnosti konstrukce:

$$k = \frac{\sigma_{Do}}{\sigma_{o,max}} = \frac{240}{76,33} = 3,14$$

$$\sigma_{o,max} \leq \sigma_{Do} \rightarrow 76,33 < 240 \text{ MPa}$$

Z vysokého koeficientu bezpečnosti se navržená konstrukce může zdát předimenzovaná, nicméně výpočet se vztahuje pouze na statické zatížení. Nejsou zde uvažovány účinky dynamických sil.

Pro výpočet nejsou uvažovány jistící popruhy, protože by byla úloha staticky neurčitá, a tudíž by nebylo možné ji řešit touto metodou.

11. Diskuze navrhnutého řešení a další postup při vývoji

V průběhu návrhu konstrukčního řešení se vyskytovaly problematické uzly, které byly řešeny na úrovni teoretického návrhu a podle praktických zkušeností nejen autora této práce. Teoretické znalosti nemohly zajistit bezproblémovou funkci navrhnutého řešení. Předpokládá se, že problémy vzniklé při testech prototypu budou řešeny a konstrukční řešení bude optimalizováno. Některé předpokládané oblasti pro kontrolu jsou popsány níže.

V případě, že by se v praktických zkouškách prvních prototypů ukázalo, že po otevření čelních dveří se rampa sama nevyklápí, je nutná dopomoc obsluhy formou zatlačení na rám směrem z vozidla spolu s optimalizací tuhosti vzpěrných pružin.

Ukáže-li se při zkoušení rampy, že při sklonech daných tab. 7.2 hrozí nebezpečí vzniku úrazu, je nutné, aby osobě na invalidním vozíku byla poskytnuta pomoc personálu, či cestujících.

Při evakuaci Train to Track s použitím adaptéru je nutná pomoc obsluhy při transportu osoby na invalidním vozíku z hlavní desky adaptéru do bezpečné oblasti. Okolí kolejí je závislé na okolním terénu, a tudíž je nutno blíže specifikovat požadavky na konkrétní oblast použití a k tomu případně přizpůsobit konstrukci adaptéru.

Problematika nouzového evakuačního výstupu je široká a tato diplomová práce se zabývá pouze jeho hlavními komponenty nikoliv navazujícími součástmi, které s řešením nouzového evakuačního výstupu souvisí.

12. Závěr

V diplomové práci Návrh čelního nouzového výstupu příměstské jednotky byl čtenář v úvodu uveden do problematiky legislativních požadavků a norem, které se k dané problematice vztahují. Tím byl podán nejen základní pohled na jednotlivé souvislosti, ale i teoretický základ nutný pro lepší pochopení této oblasti.

Dále byla provedena rešerše realizovaných řešení čelního evakuačního výstupu.

Byl zpracován typový výkres řešeného vozidla, které je uvažováno pro provoz ve Velké Británii. Čtenář byl seznámen s konceptem řešeného vozidla. Bylo popsáno napojení čela vozidla na hrubou stavbu vozové skříně.

Byla provedena analýza výhledových poměrů pro Velkou Británii a Irsko. Splnění všech legislativních požadavků na výhledové poměry vyplývá z dané kapitoly.

Na základě všech požadavků uvedených v rešerši byla zvolena metodika pro stanovení mezního sklonu rampy, od které se následně odvíjelo konstrukční řešení nouzového čelního výstupu.

V další kapitole bylo podrobně rozebráno konstrukční řešení evakuačního čelního výstupu. Čtenář byl detailně seznámen s jednotlivými komponenty a jejich funkcí v celé mechanismu. Při návrhu byly brány v úvahu nejen legislativní požadavky, ale i konstrukční, zástavbové. Navazující součásti a komponenty týkající se dané oblasti byly také popsány. Byl proveden základní pevnostní výpočet hlavních prvků nouzového výstupu.

Byla stanovena možná rizika a slabá místa navrhované konstrukce, a to především z důvodu obav o jejich funkci bez prototypových zkoušek. Dále byly nastíněny některé body, které je při dalším vývoji nutno ověřit.

Navrhnuté řešení umožňuje jak evakuaci do kolejiště (Train to Track) tak i evakuaci do přistaveného vozidla (Train to Train). Tato funkce není vyžadována v zadání této práce, avšak navrhnuté konstrukční uspořádání umožňuje její splnění. Pokud by navrhnutá varianta nesplňovala možnost evakuace Train to Train a zároveň by následně vznikl požadavek na její splnění znamenalo by to další konstrukční práce. Navrhnuté řešení v tomto bodu předčilo zadání této práce.

Diplomová práce byla zpracována ve spolupráci s firmou Siemens CZ, divize Mobility. Tím byl zajištěn praktický rámec práce. Podněty zkušených zaměstnanců této společnosti byly pro tuto práci také přínosné. Jsem přesvědčen, že tato diplomová práce bude nejen nápomocna při dalším vývoji čelních evakuačních výstupů u příměstských jednotek. Doufám, že některé uvedené konstrukční řešení budou použita na sériové variantě.

Bibliografie

- [1] *TSI PRM: NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) o technických specifikacích pro interoperabilitu týkajících se přístupnosti železničního systému Unie pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace.* In: . Brusel: Evropská komise, 2014, ročník 2014, číslo 1300. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1300&from=CS>
- [2] *TSI LOC&PAS: NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii.* In: . Brusel: Evropská komise, 2014, ročník 2014, číslo 1302. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1302&from=CS>
- [3] *Gestaltung der Führerräume von Lokomotiven, Triebwagen, Triebwagenzügen und Steuerwagen: Übersetzung = Constitution des cabines de conduite des locomotives, automotrices, rames automotrices et voiturespilotes = Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple unit trains and driving trailers.* 4. Ausg., Juli 2002. Paris: UIC, 2002. ISBN 2746104784. UIC 651.
- [4] *DIN EN 16186-1: Railway applications –Driver's cab.* 1st. Brussels: European Committee For Standardization, 2014.
- [5] *GM/RT2130. Vehicle Fire, Safety and Evacuation.* 4th. London: Rail Safety and Standards Board Limited, 2013.
- [6] *GE/RT8073: Requirements for the Application of Standard Vehicle Gauges.* Issue 3. London: Rail Safety and Standards Board Limited, 2015.
- [7] TILLMAN, Barry, David FITTS, Wesley WOODSON, Rhonda ROSE-SUNDHOLM a Peggy TILLMAN. *Human factors and ergonomics design handbook.* Third edition. New York: McGraw-Hill Education, 2016. ISBN 978-0071702874.
- [8] KLENKA, Petr. *Návrh čelního evakuačního výstupu u jednotky metra.* Praha, 2004. Diplomová práce. České vysoké učení v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce Doc. Ing. Kolář Josef, CSc.
- [9] Metro Barcelona. In: *BARAT Group* [online]. Francie: Barat, 2009 [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <http://www.barat.com/en/produit/portes-devacuation/>
- [10] Schéma otevření nouzového čelního výstupu. In: *Twitter* [online]. USA: Design Triangle, 1992 [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <https://twitter.com/designtriangle1>
- [11] The end of wire rope. In: *Ijin Marine Limited* [online]. China: Ijin, 2013 [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <http://www.ijinmarine.net/apps/blog/what-is-wire-rope>
- [12] Gas spring. In: *Grabcad* [online]. Cambridge: Stratasys Solutions Ltd, 2012 [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/gas-spring--3>

Seznam obrázků

- Obr. 1.1: Evakuace Train to Train – vlaky vedle sebe
- Obr. 1.2: Evakuace Train to Train – vlaky za sebou
- Obr. 1.3: Evakuace Train to Track
- Obr. 2.1: Minimální průchozí profily cest ve vlaku
- Obr. 2.2: Předepsané čelní výhledové poměry z kabiny strojvedoucího
- Obr. 2.3: Antropometrické rozměry postavy strojvedoucího
- Obr. 2.4: Další antropometrické rozměry postavy strojvedoucího
- Obr. 2.5: Čelní výhledové poměry z kabiny strojvedoucího
- Obr. 2.6: Čelní výhledové poměry strojvedoucího při pevné nožní opěrce a polohovatelném sedadlu
- Obr. 2.7: Čelní výhledové poměry strojvedoucího při polohovatelné nožní opěrce a pevném sedadlu
- Obr. 2.8: Čelní výhledové poměry strojvedoucího při polohovatelné nožní opěrce a polohovatelném sedadlu
- Obr. 2.9: Čelní výhledové poměry pro Velkou Británii a Irsko
- Obr. 2.10: Statický obrys PG 1
- Obr. 2.11: Osoba na invalidním vozíku při brždění
- Obr. 3.1: Dveřní systém v zavřeném a otevřeném stavu
- Obr. 3.2: Uspořádání stanoviště strojvedoucího při zavřeném a otevřeném čelním výstupu
- Obr. 3.3: Aktivační mechanismus čelního výstupu a jeho umístění v kabině strojvedoucího
- Obr. 3.4: Dutý panel se sklápěcím zábradlím
- Obr. 3.5: Uchycení lan nouzového výstupu
- Obr. 3.6: Detail a umístění brzdného mechanismu
- Obr. 3.7: Nouzový čelní výstup u vozidel metra v Barceloně
- Obr. 3.8: Schéma otevření nouzového čelního výstupu
- Obr. 4.1: Čelní vůz příměstské jednotky
- Obr. 5.1: 3D model statického obrysu PG 1
- Obr. 5.2: Obrys PG 1 aplikovaný na modelu řešeného vozidla
- Obr. 6.1: Napojení čela vozidla na vozovou skříň
- Obr. 7.1: 3D modely postav strojvedoucího v poloze při řízení v sedě
- Obr. 7.2: Sedadlo strojvedoucího s vyznačeným referenčním bodem (SRP)
- Obr. 7.3: Umístění sedadla s postavou malého strojvedoucího v kabině vozidla
- Obr. 7.4: Umístění sedadla s postavou velkého strojvedoucího v kabině vozidla
- Obr. 7.5: Čelní výhledové poměry
- Obr. 8.1: Výpočet délky rampy při max. sklonu dle TSI PRM
- Obr. 8.2: Zjednodušený model invalidního vozíku
- Obr. 8.3: Silová rovnováha ke středu kola
- Obr. 9.1: Nouzový čelní výstup v rozloženém stavu

- Obr. 9.2: Pomocný rám a detail lícujících oválných děr při upevnění pomocného rámu k hrubé stavbě
- Obr. 9.3: Otočný kloub rampy
- Obr. 9.4: První hlavní rám a průřez podélníku
- Obr. 9.5: Detail napojení příčnicku na podélník
- Obr. 9.6: Detail spojení obou hlavních rámu v otevřeném a zavřeném stavu rampy
- Obr. 9.7: Přechodový můstek mezi první a druhou částí rampy
- Obr. 9.8: Pochozí plocha jedné části rampy
- Obr. 9.9: Řez valivým uložením
- Obr. 9.10: Uložení zkrutné pružiny
- Obr. 9.11: Zakončení obou konců lana
- Obr. 9.12: Ukotvení jistícího popruhu do podélníku
- Obr. 9.13: Ukotvení jistícího popruhu v navíjecím bubnu
- Obr. 9.14: Profil jazýčkového gumového těsnění
- Obr. 9.15: Adaptér v rozloženém stavu
- Obr. 9.16: Nouzový čelní výstup v uzavřené poloze bez čelních dveří a s dveřmi
- Obr. 9.17: Pozice rampy
- Obr. 9.18: Praktická zkouška mezního sklonu rampy
- Obr. 10.1: Rozložení osob resp. zatěžujících sil na nosníku
- Obr. 10.2: Výpočet reakcí při zatížení silou F_1
- Obr. 10.3: Průběh posouvající síly po délce nosníku
- Obr. 10.4: Průběh ohybového momentu po délce rámu
- Obr. 10.5: Skutečný profil (vlevo) a zjednodušený profil podélníků (vpravo)

Seznam tabulek

- Tab. 2.1: Šířky chodeb do míst přístupných pro invalidní vozíky v kolejových vozidlech
- Tab. 2.2: Maximální sklon ramp v kolejových vozidlech
- Tab. 2.3: Síly působící na osobu na invalidním vozíku při brždění
- Tab. 4.1: Parametry příměstské jednotky
- Tab. 8.1: Veličiny vypočítané z mezního zrychlení vozíku na konci rampy
- Tab. 9.1: Hodnoty sklonu rampy při dané výšce nástupní hrany
- Tab.10.1: Výpočet reakcí